

THÈSE

DE DOCTORAT D'ÉTAT ÈS-SCIENCES NATURELLES

présentée

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

par

Maurice ROTH

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ÉTHOLOGIQUE DU PEUPLEMENT D'INSECTES D'UN MILIEU HERBACÉ

soutenue le 21 novembre 1970 devant la la Commission d'Examen

M. POSSOMPÈS

Président

M^{me} RACCAUD-SCHOELLER

MM. CHAUVIN

GRISON

} Examineurs

O. R. S. T. O. M.

PARIS

1 9 7 1

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ÉTHOLOGIQUE
DU PEUPLEMENT D'INSECTES D'UN MILIEU HERBACÉ**



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551621_0009

THÈSE

DE DOCTORAT D'ÉTAT ÈS-SCIENCES NATURELLES

présentée

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

par

Maurice ROTH

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ÉTHOLOGIQUE DU PEUPLEMENT D'INSECTES D'UN MILIEU HERBACÉ

soutenue le 21 novembre 1970 devant la la Commission d'Examen

M. POSSOMPÈS

Président

M^{me} RACCAUD-SCHOELLER

MM. CHAUVIN

GRISON

}
Examineurs

O. R. S. T. O. M.

PARIS

1 9 7 1



« La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). »

« Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal. »

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	7
------------------------	---

Première Partie

LE « CHROMATOTROPISME » ET LA CAPTURE DES INSECTES

INTRODUCTION	11
COMPARAISON DE DIVERSES MÉTHODES DE CAPTURE	11
EXPLOITATION DES ÉCHANTILLONS RECUEILLIS	16
1. « Populations actuelles » et « Populations opérationnelles »	16
2. Exploitation des échantillons : les « unités éthologiques »	17
1. LE « CHROMATOTROPISME »	21
NOTIONS DE CHROMATOTROPISME	21
COMPOURTEMENT DES INSECTES VIS-A-VIS D'OBJETS COLORÉS	22
1. Couleurs diverses	22
2. Particularités physiques des radiations attractives	27
3. Piégeage en lumière crépusculaire	28
Conclusion du chapitre	29
2. ATTRACTIVITÉ DES RADIATIONS RÉFLÉCHIES SUR LES PLANS D'EAU	31
RÉCIPIENTS EMBLIS D'EAU OU ENDUITS DE GLU. NATURE DU MOUILLANT UTILISÉ	31
ÉTUDE DES RÉFLEXIONS LUMINEUSES	33
1. Suppression de l'hygrométrie sus-jacente	33
2. Action des miroirs	33
3. Expérimentations à l'ombre ou au soleil. L'assiette « bipartite »	33
4. Plateaux colorés éclairés artificiellement	36
5. Problème des nappes d'eau naturelles	36
Conclusion du chapitre	37
3. APPLICATION PRATIQUE DE CES TROPISMES : LES PIÈGES COLORÉS	39
1. Description et intérêt de ces pièges	39
2. Taille à donner aux pièges	42
3. Quantité de pièges à disposer à l'unité de surface	44
4. L'approche du piège par les Insectes	45

ÉTUDE ÉTHOLOGIQUE

4. LE MILIEU VÉGÉTAL ET LE MICROCLIMAT	53
5. LA FAUNE ENTOMOLOGIQUE	55
1. <i>Inventaire sommaire</i>	55
2. <i>Quantification relative des différents groupes</i>	57
3. <i>Époques de pullulation</i>	62
4. <i>Répartition spatiale</i>	62
a. En hauteur	62
b. Problème des lisières	65
c. Problème des clairières	67
6. ANALYSE ÉTHOLOGIQUE	71
MÉTHODES UTILISÉES ET RÉSULTATS GLOBAUX	71
1. <i>Influence de l'ensoleillement sur l'activité des Insectes</i>	73
2. <i>Influence du vent sur le comportement des Insectes</i>	79
3. <i>Déplacements des Insectes</i>	84
a. Aspect qualitatif	85
b. Aspect quantitatif	87
ÉTUDE DE QUELQUES « UNITÉS ÉTHOLOGIQUES »	90
1. <i>Les Thysanoptères</i>	90
2. <i>Les Aphidiens</i>	95
3. <i>Les Diptères Thécostomates</i>	99
4. <i>De quelques autres unités non analysées au niveau spécifique</i>	101
a. Les Chalcidiens et les Proctotrypoides	101
b. Les Phorides	103
c. Les Apoïdes	105
CONCLUSION	107
SUMMARY	109
BIBLIOGRAPHIE	111

Cette étude a fait l'objet d'une thèse de Doctorat ès Sciences
soutenue le 21 novembre 1970 à la Faculté des Sciences
de Paris.

AVANT-PROPOS

En 1949, à propos de son « Étude de la faune du champ cultivé et surtout du champ de luzerne », CHAUVIN écrivait : « J'ai présenté une discussion des méthodes de l'Écologie entomologique. J'ai noté à quel point il était rare que les auteurs se soucient, dans ce domaine, d'assurer les bases méthodologiques de leur travail. »

Nous avons nous-mêmes fait une semblable constatation lors de nos études méthodologiques sur l'actographie, en 1960.

C'est pourquoi, dès 1963, nous avons entrepris l'étude comparative des méthodes d'échantillonnage des populations d'Insectes à l'aide soit de matériels classiques (fauchoirs, aspirateurs, sélecteurs, etc.) soit de dispositifs originaux (treillis métalliques et plaques de plexiglass englués, récipients colorés, etc.).

Mais ces considérations n'intéressent qu'un seul souci, une seule question pourrait-on dire : comment échantillonner ?

Y répondre d'une façon parfaitement satisfaisante est certes fort difficile. Nous nous contenterons, dans les exposés ci-après, de présenter succinctement un piège original, déjà fort utilisé depuis que nous l'avons fait connaître en France, le piège coloré. Restait à étudier les principes d'action de ces récipients colorés et cette étude fait l'objet d'une partie de cet ouvrage. Mais, il ne faut pas oublier, lorsque l'on veut échantillonner correctement une population d'Insectes, de se poser deux questions : où ? et quand ?

Citons quelques exemples sur lesquels nous reviendrons d'ailleurs plus longuement. Il n'est pas rare qu'en été, par temps chaud, on récolte davantage d'Insectes au nord d'une haie que sur l'autre face ; par temps plus frais, en automne par exemple, il faudra les rechercher plutôt au sud de cet obstacle. Dans un milieu herbacé, par un temps ensoleillé, les Chalcidoïdes volent en surface du tapis végétal, les Serphoïdes demeurent dans l'épaisseur de la végétation ; par temps couvert, ces derniers Insectes pourront souvent être récoltés, eux aussi, au niveau du sommet des tiges et par temps caniculaire au contraire les Chalcidiens descendront dans l'épaisseur de la végétation.

Pour nous résumer, en quelque sorte les Insectes ne sont pas des objets que l'on compte mais des êtres qui ont leur comportement propre et leurs habitudes de vie.

Toute étude écologique, démographique par exemple, doit donc passer par divers préalables : outre le choix raisonné d'une méthode, il sera nécessaire d'effectuer des études éthologiques. Dans bien des cas, fort heureusement, la plupart des espèces entomologiques présentent, eu égard à diverses contingences abiotiques, des comportements assez semblables dans le cadre de la famille, parfois même de la superfamille ou de l'ordre.

Dans cet ouvrage, nous nous proposons d'examiner, dans une première partie, les comportements des Insectes vis-à-vis de surfaces colorées et de petites nappes d'eau, puis, dans une deuxième partie, nous étudierons les variations de ces comportements eu égard aux conditions de ce que nous pouvons appeler la « niche écologique » (au sens la plus généralement admis de ce terme) en ce qui concerne essentiellement d'ailleurs les éléments abiotiques de ce milieu.

PREMIÈRE PARTIE

**LA CAPTURE DES INSECTES
ET LE « CHROMATOTROPISME »**

INTRODUCTION

Généralités sur les diverses méthodes de capture et l'exploitation des échantillons.

COMPARAISON DE DIVERSES MÉTHODES

Rappelons qu'il est possible de classer à grands traits les méthodes de capture d'Insectes ainsi que nous les définissons dans le tableau ci-dessous.

● Méthodes absolues	{ sélecteur cylindre insecticide sous bâche cages sans fond frappage, etc.
● Pièges	{ pièges d'interception (découpant une « tranche de vie », sans influencer sur la faune) pièges attractifs (modifiant l'aspect de l'entomofaune)
	{ aspirateurs pièges englués à action lointaine : pièges lumineux, sexuels, odorants à action proche : pièges colorés

1 – LES MÉTHODES ABSOLUES

Leur principe consiste donc à emprisonner un certain volume de végétation, de sol ou d'espace aérien pour en récupérer la faune. Ce sont, en général, des méthodes manuelles : sélecteur, cylindre, filet fauchoir, cage sans fond... Il est très rapidement évident, lorsqu'on les pratique, que ces méthodes procurent des récoltes normalement assez peu abondantes. Cela ne signifie pas pour autant qu'elles soient mauvaises (à condition toutefois de bien savoir récupérer les Insectes au milieu du volume végétal isolé), cela tient simplement au fait que la faune présente n'est pas aussi populeuse qu'on le croît communément.

2 - LES PIÈGES

a. LES PIÈGES D'INTERCEPTION.

Ils donnent souvent d'abondantes récoltes en ce sens qu'ils capturent donc tout ou partie de la faune présente augmentée de tous les Insectes qui sont venus à leur contact ou leur proximité (bien souvent cet apport est plus important que la faune présente réellement en cet endroit).

N'étant pas attractifs, théoriquement, ils ne perturbent pas l'aspect de l'entomofaune et doivent rendre compte de la qualité et de la quantité des Insectes présents dans leur zone d'influence. Citons, parmi les meilleurs, les aspirateurs et les pièges englués, les premiers ayant le grave défaut de nécessiter une source d'énergie, les seconds de nous livrer des Insectes souvent en piteux état. On pourrait également citer ici les « fenêtres à scolytes », les « pots de BARBER », les nasses aériennes (townets des anglo-saxons), etc.

Malheureusement ces méthodes ne donnent, en définitive, pas de meilleurs résultats que les pièges attractifs, l'image de la faune qu'ils nous procurent est aussi déformée, elle l'est différemment et pour d'autres raisons tout simplement. En effet, ainsi que nous l'avons dit, l'apport de capture constitué des Insectes « de passage » est presque toujours plus important que le peuplement lui-même ; or, l'importance de chacune des espèces entomologiques représentées dans ce lot d'Insectes en mouvement est évidemment proportionnelle à la mobilité, à l'intensité de « l'activité exploratrice » de chacune d'elles ; de ce fait l'image que l'on recueille de ces populations est fortement « distordue ».

En outre, et il s'agit là d'un défaut inhérent à tous les pièges, il est bien évident que l'on ne récolte que les Insectes qui se font prendre. Le climat du moment a alors une très grande influence (hygrométrie, vent, température et surtout ensoleillement) ainsi que, sans doute ce que l'on pourrait appeler la « pression démographique », divers stimuli internes qui peuvent être d'ailleurs transitoires (quête sexuelle, alimentaire, etc.) et bien d'autres facteurs peut-être encore inconnus de nous.

b. LES PIÈGES ATTRACTIFS.

Ils sont fort intéressants par l'importance des récoltes qu'ils procurent, mais ils sont bien entendu très suspects pour l'écologiste en ce sens, qu'outre les défauts signalés ci-dessus à propos des pièges d'interception, ils présentent l'énorme désavantage d'avoir des « zones d'influence » pratiquement indéterminables.

En ce qui concerne les pièges lumineux, on ne peut rien dire de leur « rayon d'action », d'autant plus qu'il varie sans doute avec les espèces entomologiques (TAYLOR). WILLIAMS a montré d'ailleurs que l'on n'attrape pas les mêmes espèces, avec de mêmes pièges, si l'on fait varier les hauteurs auxquelles ils sont placés. Il entre également, dans ces problèmes, le facteur topographique ; il est bien évident que, selon l'environnement (dimensions des clairières, dégagements vers de la plaine ou du taillis...), les limites de la zone prospectée sont infiniment variées.

Signalons à ce propos que les captures peuvent varier qualitativement suivant la « microtopographie ». Il est de coutume de placer un piège lumineux dans un endroit dégagé afin que, précisément, il « draine » le plus grand volume végétal possible. On capture alors des « papillons de nuit », quelques *Cecidomyiidae*, *Ichneumonidae*, etc. Lorsque nous-mêmes avons placé des pièges lumineux au sein même de la végétation, nous avons récolté un grand nombre de familles et, outre les espèces classiques pour cette méthode, beaucoup d'espèces réputées diurnes appartenant, par exemple, à des familles telles que *Calliphoridae*, *Tachinidae*, *Chalcidoidea*, *Curculionidae*, etc. même des Collembolés ont sauté dans le piège et s'y sont laissé capturer.

En ce qui concerne les pièges odorants, nous nous heurtons à la même imprécision quant à l'importance de leur zone d'influence ; sans doute celle-ci peut-elle varier avec les vents ; en outre, nous ne savons guère à quelle infime concentration une substance attractive peut stimuler telle ou telle espèce d'Insecte.

En ce qui concerne les pièges colorés, nous savons, assez empiriquement d'ailleurs, que leur distance d'attractivité est fort courte. Ceci est évidemment un avantage dans la mesure où on peut penser qu'ils se comportent alors comme des pièges d'interception (et dans la mesure où l'on peut considérer ceux-ci comme un peu moins « mauvais » que les pièges attractifs) ; mais nous reviendrons plus en détail sur les défauts et qualités de ces pièges colorés.

3 – COMPARAISON DE DIVERS PROCÉDÉS DE CAPTURE

Il n'est pas dans notre projet de traiter longuement, dans ce paragraphe, des « méthodes absolues ». Il est en effet parfaitement vain de vouloir comparer, tout au moins quantitativement, « méthodes absolues » et « pièges » car ces deux procédés s'adressent à deux sortes de « peuplements » absolument différents : dans le premier cas, on saisit une faune précise et limitée en ce sens que l'on effectue une prise instantanée, dans l'autre cas, on récolte un certain pourcentage d'une foule errante, fluctuante d'ailleurs en fonction de diverses considérations biotiques et abiotiques.

Disons simplement que, les méthodes absolues étant essentiellement à base d'intervention humaine, elles sont handicapées par la propre imperfection de nos sens et de nos moyens ; ce sont des méthodes qui, bien trop souvent, laissent échapper la microfaune et nous apportent alors des notions malencontreusement erronées sur les biocoénoses (n'oublions jamais l'importance de la microfaune : un Chalcidien peut détruire à lui seul cent fois plus de chenilles que dix Carabes ensemble).

A l'inverse, ces méthodes nous procurent des Insectes de bonne taille qui échappent le plus souvent aux pièges à glu ou aux aspirateurs et aux pièges colorés... si tout au moins la teinte utilisée ne les « séduit » pas. Elles sont en outre les seules méthodes véritablement quantitatives ; il conviendrait donc de s'employer à les améliorer plutôt qu'à les rejeter ou les opposer aux méthodes de piégeage ; une excellente solution (nous en reparlerons plus loin) consisterait d'ailleurs à jumeler ces procédés.

En ce qui concerne les méthodes de piégeage, il est assez classique de les caractériser en précisant les pourcentages de capture par famille ou groupe d'Insectes, par rapport au total des prises par appareil. Considérons donc les résultats obtenus avec des pièges englués (treillis de fils de nylon), des aspirateurs, des pièges colorés. Les chiffres présentés ne sont valables bien entendu que pour la faune de notre luzernière et l'époque considérée (il est évident en outre, qu'il est très aléatoire de vouloir comparer de très petites valeurs : c'est par exemple le cas pour les Coléoptères) ; ces chiffres sont le résultat de la comptabilisation d'un peu plus de 8 000 Insectes.

Il faut considérer de tels chiffres avec une grande réserve, pour diverses raisons. Par exemple, si un appareil est particulièrement adapté à capturer une certaine sorte d'Insectes eu égard à leur comportement, les autres chiffres s'effondrent d'autant et, pour ces autres Insectes, le piège paraît alors moins efficace, ce qui n'est pas toujours exact si l'on considère, au contraire, la valeur absolue des captures.

D'autre part, nous avons bien précisé que c'est une question d'époque car, d'un moment à un autre, la faune varie et il peut apparaître des espèces qui réagissent différemment. Nous en donnerons pour exemple deux séries de pourcentages calculés pour deux expériences séparées dans le temps (l'une en juillet, l'autre en septembre) et présentés simplement au niveau de l'ordre, ce qui suffit pour démontrer la variabilité de tels résultats.

TABLEAU I

Groupes d'Insectes	Glu (%)	Aspi. (%)	Pièges jaunes (%)	Groupes d'Insectes	Glu (%)	Aspi. (%)	Pièges jaunes (%)
Ichneumonoidea	2,50	3,20	2,58	Aphidoidea ailés	11,50	20,30	23,40
Cynipoidea	0,08	0,10	0,50	— aptères	0	0	1,30
Chalcidoidea	5,20	9,20	4,80	Psyllidae	0,10	0	0,90
Proctotrypoidea	4,30	7,10	3,50	Jassidae	0,05	1,70	0,80
Dryinidae	0,02	0	0,10	Larves de Jassidae	0	0	0,10
Formicoidea	0,60	0,60	0,05	Cercopidae	0	0	0,90
Sphecoidea	0,02	0,50	0,20	Fulg., Delph.; Membr.	0,08	0,07	0,10
Pompiloidea	0	0,07	0,03	Capsidae	0,08	0,60	0,10
Apoidea	0,05	2,50	1,30	Anthocoridae	0,50	1,80	2
				Larves Caps. Anthoc.	0	0	0,10
Total Hyménoptères	12,80	23,30	13,30	Tingidae	0,10	0	0,08
Tipulidae, Limno.	0	0,10	0	Total Hémiptères	12,50	24,70	28,60
Sciaridae, Myceto.	21,50	11,20	1,30	Carabiques	0,05	0,07	0,01
Cecidomyiidae	0,70	9	2,50	Staphylinidae	0,70	0,50	0,10
Chironomidae	1,20	2	0,40	Buprest. Elateridae	0	0,10	0
Ceratopogonidae	0,08	0,07	0,02	Anthicidae	0,02	0,10	0
Scatopsidae	0,90	0,30	0,20	Malachiidae	0,08	0	0
Statiomyiidae	0,02	0	0,20	Mordellidae	0,20	0,10	0,08
Empididae	1,70	0,70	1,70	Coccinellidae	0,08	0,20	0,30
Dolichopodidae	0,50	0,80	0,60	Cucujoïdes divers	1,10	1,30	0,80
Lonchopteridae	0	0,07	0,09	Nitidulidae	0,70	0,20	0,90
Syrphidae	0,05	0	1,20	Dermestidae	0,20	0,07	0
Phoridae	6,30	7,10	8	Scolytidae	0,02	0,07	0
Pipunculidae	0	0	0,40	Chrysomelidae	0,70	0,60	0,10
Conopidae	0,08	0,20	0	Curculionidae	0,40	0,10	0,20
Haplostomates	3,40	4,50	4,30	Total Coléoptères	4,40	3,60	2,80
Calliph. Muscidae	0,10	0,30	11,60	Strepsiptères	0	0,07	0,10
Tachinidae	0	0,07	5	Microlépidoptères	0,04	0,10	0,08
Total Diptères	36,70	36,70	38,90	Rhopalocères	0	0	0,02
Psocoptères ailés	0,30	1	0,20				
Thysanoptères	33	10	16				
				divers Insectes pour mémoire...			
				Total général	100	98,98	100

TABLEAU II

% par ordre Ordres	Expérience juillet		Expérience septembre	
	Glu	Aspi.	Glu	Aspi.
Hyménoptères	12,8	23,3	25,9	32,4
Diptères	36,7	36,7	30,3	32
Hémiptères	12,5	24,7	11	21
Coléoptères	4,4	3,6	2,9	1,3
Thysanoptères	33	10	28,1	7,8
Psocoptères	0,3	1	1,6	4,8
etc.				

Seuls quelques chiffres sont à retenir en raison de leur constance, citons par exemple la prépondérance des pièges à glu pour les *Sciaridae* et les Thysanoptères, des pièges colorés pour les Aphidiens et les Diptères supérieurs.

Il est donc plus intéressant de considérer les récoltes en valeur absolue. Indiscutablement les pièges colorés l'emportent alors grâce à leur attractivité, les pièges englués effectuent de bonnes récoltes, l'aspirateur se situe assez loin en arrière à moins d'utiliser de ces appareils particulièrement puissants, très supérieurs aux modèles classiques du commerce, qu'utilisent les anglo-saxons.

Il est certain également que la taille de l'Insecte joue un rôle important dans la représentativité des diverses espèces recensées. Nous avons tenté d'analyser ce facteur en répartissant nos captures selon quatre catégories.

- Les Insectes de taille assez grande tels les *Apoidea*, *Stratiomyidae*, *Tipulidae*...
- Les Insectes de taille moyenne : *Dolichopodidae*, *Phoridae* (partie), *Ichneumonidae* (partie)...
- Les Insectes de petite taille : Haplostomates (partie), *Chalcidoidea* (partie), *Cecidomyiidae*...
- Les Insectes de taille très petite : *Proctotrypoidea*, *Chalcidoidea* (partie)...

On peut alors dresser le tableau suivant :

TABLEAU III

Tailles	Fauchoir	Aspirateur	Fils englués	Piège coloré
Assez grande	24 %	6 %	10 %	5 %
Moyenne	23	27	19	33
Petite	50	54	61	58
Très petite	3	13	10	4

Il est bien évident que nous ne donnons ici les valeurs concernant le piège coloré qu'à titre purement indicatif puisque toutes les espèces qui s'y posent sont irrémédiablement capturées quelle que soit leur taille et la faible valeur représentant les espèces assez grandes résulte essentiellement de l'abondance des récoltes en espèces de dimensions plus modestes telles que Pucerons, Thrips, Chalcidiens. En ce qui concerne les autres pièges, on constate immédiatement que les aspirateurs et pièges englués se montrent très inférieurs au classique fauchoir en ce qui concerne les espèces de grande taille. Si l'on examine l'aspect qualitatif des captures, on constate l'exactitude de ce fait ; si donc, par hasard, un Insecte robuste se heurte aux pièges à glu il est évident qu'il réussit à s'en détacher ; quant à l'aspirateur, il est malheureusement tout aussi évident qu'un Insecte soit lourd soit au vol puissant ne se laisse capturer que par le plus grand des hasards. Pour beaucoup d'espèces donc, les aspirateurs (tout au moins ceux de puissance moyenne) qui passent actuellement pour constituer la méthode de piégeage la plus rigoureuse, se révèlent en réalité assez médiocres. Il est évident d'ailleurs qu'aucun piège n'est parfait et que la meilleure méthode doit être une « chimère » de plusieurs procédés, nous en reparlerons plus loin.

EXPLOITATION DES ÉCHANTILLONS

1 – « POPULATION ACTUELLE » ET « POPULATION OPÉRATIONNELLE »

Au cours de ce bref rappel, introductif à notre étude et concernant les diverses méthodes de piégeage, nous avons plusieurs fois attiré l'attention sur les différences considérables qui existent entre un échantillon recueilli par une méthode absolue et un autre fourni par un piège, quel qu'il soit, eu égard donc essentiellement à la mobilité des Insectes. Cette mobilité est fonction de l'espèce entomologique, de plus, elle peut varier, ainsi que nous l'avons signalé, sous l'influence de motivations internes (physiologiques ou éthologiques) et de motivations externes (soleil, pluie, etc.).

Il ne faut donc jamais oublier ces faits lors d'une étude écologique et qui montrent bien l'importance des études méthodologiques et éthologiques préalables.

Nous en donnerons ici un exemple chiffré que nous empruntons à un travail de J. CHAZEAU (*in litt.*)¹.

L'expérience effectuée par cet auteur a consisté à comparer les récoltes que l'on peut effectuer sur 3 m² de luzerne soit sous cage, soit à l'air libre.

Pour ce faire, des groupes comprenant des quantités égales de pièges colorés disposés de semblables façons, furent disposés en divers endroits, soit sous des cages de tulle à toit de plexiglass, soit à l'air libre. Les cages étaient utilisées à la façon des biocoénomètres de LAMOTTE, c'est-à-dire prestement mises en place sur la végétation afin d'emprisonner la faune présente.

Les temps de capture ont été évidemment semblables sous cages et à l'air libre.

Nous donnons dans le tableau IV, ci-dessous, les chiffres de capture pour quelques groupes d'Insectes et pour une des expériences effectuées à La Minière.

TABLEAU IV

Groupes recensés	Cage n° 1	Cage n° 2	« Air libre »
Jassidae	4	4	31
Cecidomyiidae	49	32	412
Empididae	16	16	155
Syrphidae	2	2	130
Phoridae	5	2	110
Drosophilidae	103	103	141
Nitidulidae	154	139	187
Ichneumonoidae	16	11	185
Autres Ichneumonoidea	166	117	331
Chalcidoidea	47	48	271
Proctotrypoidea	73	63	221

On voit que dans bien des cas les différences sont considérables. On pourrait penser que sous cage, l'on n'a pas capturé la totalité des Insectes présents, mais des récoltes ultérieures par aspirateurs, arrachage et tamisage des herbes n'ont pas toujours amélioré les chiffres de

1. Travail réalisé sous notre direction aux S.S.C.-ORSTOM à Bondy et au Centre INRA de Lutte Biologique et de Biocoénotique de La Minière.

récolte. On pourrait faire d'ailleurs la même réflexion en ce qui concerne les pièges situés à l'air libre.

Il apparaît donc nettement qu'un piège capture non seulement tout ou partie de la faune présente mais en outre un nombre important d'Insectes qui ont volé en cet endroit pendant le temps de l'expérience. Tout piège apporte donc, bien de ce fait, une importante « distorsion ».

Les deux types d'échantillons présentent d'ailleurs des intérêts certains et complémentaires. Dans le premier cas et dans la mesure où l'on peut, à la suite de diverses interventions, estimer que l'on a capturé la quasi-totalité de la faune présente, on a donc une estimation de la biomasse. Dans le deuxième cas, les chiffres donnent une idée approximative de la quantité d'Insectes qui pendant le temps de l'expérience, sont venus jouer un rôle dans la biocoénose relative à l'espace considéré.

Il faut donc, en matière d'Écologie, distinguer deux concepts bien différents en ce qui concerne l'estimation des peuplements, il y a le peuplement présent à un instant donné et le peuplement fluctuant des Insectes qui vont et viennent, jouant leur rôle bien défini dans l'équilibre biologique.

Nous proposons donc de distinguer ce que l'on pourrait appeler :

populations actuelles, les quantités d'Insectes qui existent à un instant t , en un volume végétal (ou aérien ou aquatique...) bien défini ;

populations opérationnelles, les quantités d'Insectes qui ont vécu en cet endroit bien défini, pendant un temps donné (le nycthémère par exemple) et qui ont eu l'occasion d'exercer une action effective soit sur les végétaux, soit les uns envers les autres. Il peut s'agir d'éléments de la population actuelle, d'erratiques, de micromigrateurs, etc.

2 - EXPLOITATION DES ÉCHANTILLONS : LES « UNITÉS ÉTHOLOGIQUES »

Ici se pose l'important problème de la dénomination des Insectes capturés.

Mais la détermination à l'espèce est-elle une nécessité ? Cela dépend évidemment du thème même des recherches entreprises. La très grande majorité des études écologiques effectuées à ce jour ont été démo-écologiques. Dans de tels cas, il est traité d'un Insecte bien précis, de ses pullulations, de sa fécondité, de ses parasites éventuels, etc. On rencontre beaucoup de ces études, fort bien faites d'ailleurs, dans le domaine de l'Agronomie par exemple.

A partir de telles données se sont instaurées des idées un peu simplistes comme, par exemple, l'assimilation de la Synécologie à une somme de facteurs auto-écologiques indépendants les uns des autres. Il n'en est hélas rien et on peut affirmer avec la plus parfaite vraisemblance que, dans un milieu donné, tous les êtres vivants de ce biotope ont des actions qui interfèrent et sans qu'il soit possible d'isoler un groupe quelconque de ces êtres comme formant un système indépendant de l'ensemble. C'est dire assez quel inextricable écheveau peut représenter le peuplement du moindre buisson de nos campagnes.

En outre, il est certain que trop souvent ces études se limitent à des éléments de biocoénose connus. On sait que tel Insecte est parasité par tel ou tel autre... et l'on tente d'interpréter les fluctuations de pullulation du ravageur en fonction de celles de ces parasites connus. C'est en quelque sorte étudier le problème en le supposant à demi résolu et en adoptant pour postulat les chapitres correspondants de nos traités d'Entomologie. Les auteurs mêmes de ces traités pourraient dire combien en réalité nos connaissances en la matière sont partielles et ne constituent qu'une infime partie de ce qu'il nous faudrait savoir afin d'expliciter les écosystèmes du monde des Insectes.

Il devient donc urgent et nécessaire que l'on se préoccupe activement de promouvoir des études de réelle Synécologie, discipline encore confuse et rebutante, surtout si l'on conçoit

difficilement que ces sortes d'études puissent se faire autrement qu'en poussant les investigations au niveau de l'espèce.

Et pourtant, et tout particulièrement pour des travaux de « débroussaillage » et d'approche, ne serait-il pas possible de situer les recherches à un niveau plus élevé ?

Citons J. LECLERCQ (1964) :

« Les espèces d'Insectes sont tellement nombreuses, leur détermination est souvent si malaisée, l'élaboration d'un recensement qualitatif et quantitatif valable pose tant de problèmes, qu'il serait vain d'espérer qu'on parvienne à enregistrer toutes les modifications importantes qui se présentent... »

Ou encore :

« Dès qu'on s'est débarrassé du préjugé souvent inconscient qui porte à tout ramener au niveau spécifique, on s'aperçoit qu'il y a une foule de problèmes intéressants et d'aspects synthétiques que les taxonomistes et les naturalistes ont eu l'occasion de traiter et qu'ils ont ignorés... »

« ... En conséquence, les différentes espèces d'un même genre ou d'une même famille qui constituent la faune d'un biotope ont en commun, malgré leurs spécialisations, des traits généraux de comportements, des métabolismes semblables, un rôle global relativement homogène dans le biotope. A quelques exceptions près, l'ensemble des Chrysomélides agiront comme consommateurs de feuilles vertes, l'ensemble des Longicornes comme consommateurs des végétaux ligneux, l'ensemble des Ichneumonides comme parasites d'autres Insectes... »

Il est certain que, dans ces concepts, réside la clé du domaine synécologique dans l'attente que la constitution de véritables équipes permette de mieux faire. Nous avons nous-mêmes procédé d'une semblable démarche en définissant la notion d'« Unités biologiques » dès 1963.

Les unités biologiques sont des groupements qui rassemblent des Insectes ayant théoriquement en commun un même comportement (essentiellement au point de vue alimentaire), ceci à l'intérieur d'un même complexe systématique : il est bien entendu que nous ne regroupons pas en phyllophages par exemple les Chrysomèles, chenilles, fausses chenilles, etc.

Donnons donc quelques exemples :

- l'espèce *Zabrus tenebrioides* (granivore),
- la famille des *Cynipidae* (gallicole),
- les autres *Cynipoidea* (parasites),
- les *Chalcidoidea*,
- les Thysanoptères prédateurs,
- les Thysanoptères phytophages,
- les *Tachinidae* (parasites),
- les *Calliphoridae* + *Muscidae* + *Sarcophagidae* (de biologies variées mais rarement parasites d'Insectes), etc.

On doit d'ailleurs augmenter le nombre des espèces ayant valeur d'unité biologique dans les cas d'études agrobiocoénétiques. En ce qui concerne la luzerne par exemple, on rencontrera des unités telles que :

- *Contarinia medicaginis*,
- *Inostemma contariniae*,
- *Aphis laburni*,
- *Sitona humeralis*, etc.

Cette nécessité de préciser davantage les données spécifiques en ce qui concerne les agrobiocoénoses occasionne évidemment des difficultés souvent insurmontables. De telles études ne peuvent être que fort longues et demandent une planification rigoureuse des travaux.

Le problème de la qualification des espèces recensées est donc le grand problème de

l'Écologie. L'idéal serait sans aucun doute de déterminer les composants d'une biocoénose à l'espèce, beaucoup de spécialistes en sont partisans tout en reconnaissant l'inanité fréquente d'une telle prétention. A l'inverse, il est des chercheurs qui considèrent la biomasse des Insectes comme un tout cohérent pouvant s'exprimer en grammes ou même en calories. Une étude conduite selon ces principes est évidemment plus aisément réalisable, elle a, reconnaissons-le, le grand tort de conduire à des résultats assez dénués d'intérêt sauf dans des cas très spéciaux. Ces conceptions récentes ont mené à la notion de productivité (animale ou végétale d'ailleurs) et cette notion n'a de sens réel que si l'on s'adresse précisément à des populations monospécifiques (ou regroupant des Insectes de comportement et de biologie aussi semblables que possible). Ainsi pourrait-on considérer la productivité d'un ruisseau en larves d'Éphémères dans le but d'y élever des truites ; encore est-ce la productivité en truites qu'il serait intéressant de pouvoir calculer, beaucoup de facteurs souvent impondérables pouvant intervenir pour modifier le rapport prévu entre l'échelon larves d'Insectes et l'échelon *Salmonidae*.

De même, en ce qui concerne une prairie, n'a de sens qu'une notion de productivité végétale qui intéresse les plantes effectivement consommables et assimilables par les Ruminants. Si l'on considère la productivité totale en végétaux, il ne faut la rapporter alors qu'à des notions telles que l'épuisement du sol, en potasse par exemple.

Ces notions d'Écologie trop synthétiques doivent donc être maniées avec une grande prudence. Dans le monde des Insectes la masse pondérale n'est pas toujours bien intéressante. Un gros Insecte phyllophage broutera n fois son poids de feuilles et le rapport peut être aisé à calculer entre les deux valeurs, mais un minuscule Serphoïde, ou un Chalcidien supérieur, de masse infinitésimale, jouera dans l'équilibre des masses un rôle mille fois plus important grâce à sa remarquable prolificité et souvent son aptitude à la polyembryonie.

Le concept des Unités biologiques représente donc une position moyenne entre les deux écoles et il faut bien reconnaître que, dans la conjoncture actuelle, il peut rendre de bien importants services aux écologistes.

Cette notion devrait bien entendu disparaître, en tant que telle, dans l'avenir pour devenir tout au plus un procédé commode de présentation des résultats regroupant des espèces préalablement déterminées quant à leur position systématique et leur biologie.

Mais il est à noter que si le terme d'« Unité biologique » est suffisamment vague pour être critiquable on peut concevoir de le mieux préciser.

Remarquons donc que dans l'esprit de J. LECLERCQ les divisions proposées pour le monde des Insectes ont essentiellement une base trophique. Si donc l'on convient de parler, dans certains cas, d'« unités trophiques », il est fort probable que cette notion puisse s'imposer d'une façon définitive dans l'avenir, quelle que soit l'importance, alors, des équipes de chercheurs qui seront affectées aux divers problèmes biocoénotiques. C'est avec de tels groupements que, par exemple, nous avons conduit en collaboration avec P. GRISON et son équipe, l'étude de la biocoénose des vergers de pommiers.

Dans le cadre d'une étude comme celle que nous présentons ici, il s'agit en quelque sorte d'un regroupement des espèces en ce que l'on pourrait nommer des « Unités éthologiques ». Nous verrons dans la suite de cet exposé que cette notion est en définitive bien souvent valable.

Dans l'avenir la recherche synécologique si complexe et si délicate, pourrait donc se développer grâce à de tels concepts d'« Unités trophiques », d'« Unités éthologiques », etc. La seule réserve qu'il nous paraît nécessaire de formuler est qu'il faut respecter néanmoins, autant que faire se peut, les regroupements classiques de la systématique. Il ne conviendra donc pas de mêler chenilles et Chrysomèles en tant que phytophages ou *Serphoidea* et larves de Thysanoptères en tant qu'Insectes sciaphiles, ce serait une aventure particulièrement hasardeuse. Mais pour ce qui est de regrouper les Insectes en diverses unités, ces unités étant, selon les cas, des espèces, des genres, des familles, des super-familles, etc. il n'y a finalement qu'assez peu de danger d'erreurs graves.

le « chromatotropisme »

NOTIONS DE « CHROMATOTROPISME »

Il nous paraît nécessaire aujourd'hui de créer ce terme.

Depuis fort longtemps on a étudié la « Vision des couleurs chez les Insectes ». Rappelons les travaux de LUBBOCK (1885), FOREL (1886), KÜHN (1927), BIERENS DE HAAN (1928), HOÏMANN (1934), sur la vision des Fourmis et des Abeilles, entre autres et bien entendu les immortelles recherches de Von FRISCH sur la vision des Abeilles.

Nous ne reviendrons pas ici sur les résultats obtenus par ces chercheurs, mais nous ferons remarquer que le problème n'est pas simple. Si en effet l'on considère une radiation monochromatique, elle peut agir sur la rétine d'un animal de deux manières, soit par sa longueur d'onde, soit par son intensité lumineuse relative par rapport aux autres radiations du spectre. On a pu fort heureusement pallier cette difficulté par la « méthode des panneaux gris et colorés » et la « méthode du réflexe optocinétique ».

Par la suite, de nombreux chercheurs ont appliqué ces méthodes à divers Insectes, d'une façon, certes, quelque peu fragmentaire.

On a pu montrer ainsi que des Phasmes, Blattes, Mantes, Sauterelles et Criquets ne réagissent que peu ou pas du tout aux tests optocinétiques. On a pu voir par contre, que les Géotrupes (Col. Scarab.) distinguent le bleu du jaune et de l'orange, le violet du bleu ; les Chrysomèles (Col. Chrysom.) distinguent le jaune de l'orangé, le bleu du violet et du vert, etc.

Plus intéressantes encore sont les études qui montrent chez certains Insectes une véritable préférence pour certaines couleurs et qui se traduit par la recherche d'objets de cette teinte.

Les *Vanessa urticae* (Lépidopt. Nymph.) s'intéressent surtout au bleu-violet et au jaune-rouge, *Pieris brassicae* (ILSE, 1928) au bleu et au pourpre (ceci dans le contexte d'ailleurs d'un réflexe de butinage).

Mais, ces préférendums peuvent évoluer avec ce que l'on pourrait appeler les « préoccupations du moment », c'est ainsi que KALMUS a pu montrer (1937) que si *Macroglossa* butinait de préférence les fleurs bleues, il recherchait davantage les fleurs jaunes au temps de l'ovipo-

sition. On sait aussi (ILSE, 1928) que, si les *Pieris brassicae* en cours de butinage recherchent de préférence les leurres bleus et pourpres, les femelles en cours d'oviposition s'intéressent alors aux leurres vert-émeraude et bleu-vert. Lorsque ce dernier phénomène se produit par hasard sur un substrat rouge, il s'agit alors sans nul doute d'un effet de contraste simultané (ILSE, 1937).

Plus récemment, MOREAU (1963) a pu montrer que *Oscinella frit* et *O. pusilla* préféraient soit des teintes vertes, soit des teintes bleues et cela en rapport avec la teinte fondamentale des graminées dans lesquelles les œufs sont pondus.

De tels phénomènes constituent donc un véritable « chromatotropisme » et nous avons tenté de préciser cette notion pour le plus grand nombre d'Insectes possible. Nos expériences ont été réalisées dans la nature à l'aide de récipients de diverses teintes emplis d'eau additionnée d'un « mouillant » destiné à retenir les Insectes qui viennent se poser à la surface du liquide. Le problème est donc complexe ; outre l'influence de la longueur d'onde et de l'intensité lumineuse relative de chaque teinte, il faut tenir compte de la présence de l'eau qui peut agir soit comme source d'humidité soit comme miroir réfléchissant les radiations solaires et atmosphériques. Nous analysons donc ces phénomènes dans les paragraphes suivants :

COMPORTEMENT DES INSECTES VIS-A-VIS D'OBJETS COLORÉS

1 - COULEURS DIVERSES

En 1964, nous avons réalisé de nombreuses séries de capture avec des récipients en matière plastique noire, jaune, rouge orangé, verte et blanche. Les résultats que nous exposons ci-dessous résultent de la récolte de 23 619 Insectes.

- Les récipients blancs ont un spectre à peu près régulier avec une très légère prédominance dans le bleu (par rapport au blanc pur) due sans doute à la présence d'un colorant bleuâtre (appelé « azurén » dans l'industrie), destiné à les faire paraître plus blancs à des yeux humains. On ne peut utiliser les mêmes très longtemps car, à la longue, le plastique jaunit et prend une très légère teinte de longueur d'onde environ 5 580 Å.
- Les récipients jaunes présentent un maximum de réflexion vers 5 450 Å, ils sont donc légèrement verdâtres (jaune citron).
- Les récipients verts sont, eux, légèrement jaunâtres, avec un maximum spectral aux environs de 5 330 Å.
- Quant aux récipients rouge-orangé, leur maximum de réflexion se situe vers 5 760 Å.

Pour nous résumer très succinctement, disons que le noir n'est pas attractif :

	1 760 Insectes	
les autres couleurs sont attirantes,		
Rouge-orangé	3 413	—
Vert	3 233	—
Blanc	3 759	—
le jaune semble véritablement attractif ..	11 145 ⁽¹⁾	—

Mais, il faut bien entendu distinguer les diverses sortes d'Insectes capturés et nous indiquons ci-dessous les chiffres de récolte pour les groupes les plus représentatifs dans nos captures.

1. Ce chiffre n'est pas dû à la capture particulièrement fructueuse de quelques espèces, en réalité nous avons récolté effectivement davantage de la plupart des espèces entomologiques représentées.

TABLEAU V

Unités éthnologiques	Noir		Jaune		Rouge Orangé		Vert		Blanc		TOTAUX	
	Eau	Glu	Eau	Glu	Eau	Glu	Eau	Glu	Eau	Glu	Eau	Glu
Thysanoptères	359	9	3 085	996	477	358	448	295	676	357	5 055	2 015
Sciaridae	25	24	54	63	53	57	43	63	37	42	212	249
Cecidomyiidae	63	13	79	72	73	60	73	59	54	58	342	262
Chironomidae	28	8	30	93	34	67	15	32	26	22	133	222
Empididae	22	10	420	121	53	38	62	19	87	13	644	201
Dolichopodidae	61	77	35	50	59	68	67	50	61	93	283	338
Phoridae	28	12	185	183	43	73	49	58	96	77	401	403
Haplostomates	209	148	2 180	810	212	137	308	114	483	120	3 392	1 329
Thécostomates	40	3	349	65	342	32	566	57	556	112	1 853	269
Apoidea	3	1	87	7	37	4	28	1	31	2	186	15
Ichneumonoidea	35	16	93	33	55	19	66	23	56	13	305	104
Chalcidoidea	84	22	382	132	188	76	140	72	124	55	918	357
Proctotrypoidea	34	13	66	30	48	47	27	28	28	16	203	134
Aphidoidea	113	47	339	220	178	117	105	68	102	45	837	497
Jassidae	15	5	24	150	6	55	8	6	4	11	57	227
Cercopidae	6	17	15	17	9	13	9	14	6	11	45	72
Capsidae	4	3	11	3	6	2	14	13	12	4	47	25
Nitidulidae	14	6	257	38	39	14	7	2	39	2	356	62
Curculionidae	2	2	128	19	13	7	1	2	8	0	152	30
Chrysomelidae	2	0	9	6	0	2	1	0	5	1	17	9
TOTAUX GÉNÉRAUX	1 269	491	8 225	3 229	2 099	1 314	2 174	1 059	2 621	1 138	16 388	7 321
	1 760		11 454		3 413		3 233		3 759		23 619	

Si l'on examine les récoltes dans le détail, on voit que les récipients jaunes ne sont pas toujours les plus efficaces. Ainsi l'abondance des Diptères Thécostomates dans les récipients verts et blancs est due essentiellement à des captures massives d'*Anthomyiidae* et en bien plus grand nombre que dans les récipients jaunes. Ceci n'est pas d'ailleurs un comportement habituel à ces Diptères et a correspondu sans doute à une réaction temporaire à la couleur blanche pendant la deuxième quinzaine de juin. Il est bien évident que si la couleur jaune semble préférentielle pour la plupart des Insectes, un tel tropisme n'est pas obligatoirement acquis pour la vie entière de l'animal, ainsi que nous l'avons déjà exposé.

Il y a des Insectes pour qui la teinte même paraît indifférente, par exemple les *Sciaridae*:

Noir	49	Vert	106
Rouge-orangé	110	Blanc	79
Jaune	117		

les *Cecidomyiidae*:

Noir	76	Vert	132
Rouge-orangé	133	Blanc	112
Jaune	151		

Les *Chironomidae* ont des préférences autant pour le rouge-orangé que le jaune mais sont peu attirés par le noir, le vert et le blanc; les *Dolichopodidae* présentent des goûts résolument inverses:

Noir	138	Vert	117
Rouge-orangé	127	Blanc	144
Jaune	85		

Mais il est certain que, pour ces dernières familles, la présence de l'eau est infiniment plus attractive qu'une tache colorée quelconque et ces résultats sont fonction d'autres stimuli (nous en reparlerons plus loin).

Il apparaît donc que la couleur jaune est particulièrement attractive pour les Insectes floricoles. Citons pour exemple un Insecte évidemment très inféodé à cette teinte :

Meligethes viridescens :

Noir	20	Vert	9
Rouge-orangé	53	Blanc	41
Jaune	285		

Les *Telephoridae*, *Mordellidae*, *Oedemeridae*... se prennent en très grands nombres ainsi que les Hyménoptères héliophiles :

Ichneumonoidea :

Noir	51	Vert	89
Rouge-orangé	74	Blanc	69
Jaune	126		

Chalcidoidea :

Noir	106	Vert	212
Rouge-orangé	264	Blanc	179
Jaune	514		

Les *Proctotrypoidea*, qui fréquentent plus volontiers l'épaisseur des feuillages, ont des préférences plus éclectiques :

Noir	47	Vert	55
Rouge-orangé	96	Blanc	44
Jaune	95		

Mais les Insectes les plus sensibles au jaune sont les Pucerons et les Thrips :

Thysanoptères :

Noir	160	Vert	175
Rouge-orangé	295	Blanc	147
Jaune	559		

Aphidoidea :

Noir	378	Vert	783
Rouge-orangé	835	Blanc	1 033
Jaune	4 081		

Encore faudrait-il évidemment les distinguer à l'espèce ainsi qu'à tenter de le faire Von MOERICKE. Ce chercheur a étudié ce qu'il appelle le vol d'attaque de divers Homoptères sur des surfaces colorées et a pu montrer par exemple que *Myzodes persicae* est particulièrement attiré par le jaune, beaucoup plus que *Rhopalosiphum padi* et *Aleurodes brassicae* par exemple.

Afin de compléter ces informations nous avons repris ces expériences en 1967, ajoutant à nos séries d'assiettes des récipients roses et bleu ciel. Les résultats ont été extrêmement médiocres pour ces deux dernières teintes, exception faite peut-être en ce qui concerne les *Dolichopodidae*, mais nous savons par ailleurs que ces Insectes sont assez indifférents à la teinte du piège et que c'est l'eau contenue dans le récipient qui les attire, tropisme parfaitement conforme à leur biologie.

Dans cet ordre d'idées, il faut remarquer qu'il est des catégories d'Insectes parfaitement indifférentes aux pièges colorés : les hématophages (surtout femelles) et les femelles des Insectes parasites tels les *Dryinidae*, *Bethylidae* et, à un degré bien moindre d'ailleurs, les *Ichneumonoidea*, *Chalcidoidea*, etc. Ces Insectes femelles « préoccupés » de tropismes bien précis, et dédaignant les végétaux en tant que nourriture soit pour eux-mêmes soit pour leurs larves, ne sont pratiquement jamais capturés aux pièges colorés. Pour prendre des *Culex*, par exemple, avec des récipients d'eau additionnée de mouillant, il faut choisir des bacs d'au moins 6 cm de profondeur et, de préférence, à fond noir, dans lesquels ils acceptent de venir pondre. En ce qui concerne les *Tabanidae*, on n'en capture jamais avec ces sortes de pièges. On fait actuellement grand cas, à propos de la capture de ces Insectes, du piège dit « Manitoba horse fly trap » de BRACKEN, HANEC et THORSTEINSON. Ce piège est fait d'un cône en polythène terminé à son sommet, par un flacon collecteur et sous lequel on pend une sphère noire. Nous ne pensons pas que ce soit ici la couleur noire qui soit attractive, il est évident que le noir est la teinte qui absorbe le mieux les radiations solaires pour renvoyer les infra-rouges vraisemblablement attractifs pour ces Insectes. Tel qu'il est conçu, le « Manitoba horse fly trap » est d'ailleurs une sorte de piège MALAISE. On sait que de tels pièges peuvent justement capturer de grandes quantités de *Tabanidae*, sans doute attirés par la tiédeur de l'air confiné sous le voile du toit. Nos collègues de la Section d'Entomologie Médicale ont ainsi récolté, en Savoie, de ces Insectes en grand nombre, à l'aide d'un piège MALAISE, mais un campeur voisin a pu opérer d'aussi belles récoltes sous sa tente surchauffée par le soleil.

Il est donc bien évident que pour capturer des Insectes, dans les meilleures conditions possibles, il faut faire appel aux tropismes fondamentaux de leur biologie. Les pièges colorés sont donc particulièrement intéressants en ce qui concerne les Insectes floricoles. En ce qui concerne ces derniers, en particulier les phytophages, la couleur attractive peut varier suivant leur cycle, rappelons à ce propos les expériences de MOREAU et LE BERRE sur les Osciines et de BRUNEL sur la « mouche de la carotte ».

On pouvait aussi se poser le problème de savoir si, dans le cadre d'une même couleur, de subtiles variations de teintes ne seraient pas perceptibles par les Insectes. Ceci s'est révélé parfaitement exact et d'importantes variations peuvent se produire dans l'importance des récoltes. Nous avons ainsi testé des jaunes pâles, des jaunes soutenus à tendance légèrement ocre et des jaunes verdâtres ayant, en lumière réfléchie, un maximum de réflexion aux environs de 5 430 Å. Ce sont les pièges de cette dernière teinte qui ont donné le plus de satisfaction.

Il faut bien remarquer d'ailleurs que ces variations de teinte n'entraînent pas une sélectivité des captures ; l'aspect qualitatif des échantillons recueillis reste le même, les différences sont simplement quantitatives. Mais évidemment ces différences quantitatives ne sont pas les mêmes suivant les unités biologiques considérées ; ainsi l'assiette jaune citron a capturé, en moyenne, deux à trois fois plus d'Insectes que la jaune pâle, mais dans le détail les différences de captures sont assez diversifiées et parfois à l'inverse du cas général, nous en donnons ici quelques exemples :

TABLEAU VI

Unités biologiques	Rapport	Captures assiettes jaune citron
		Captures assiettes jaune pâle
<i>Systasis encyrtoides</i>		3
<i>Calliphoridae</i> , <i>Muscidae</i>		1,5
<i>Tachinidae</i>		2
<i>Chironomidae</i>		0,1
<i>Aphidoidea</i>		9
etc.		

Rappelons que nos récoltes sont triées, en général, au niveau de la famille, il est possible que, si l'on poussait les déterminations jusqu'à l'espèce, on pourrait peut-être découvrir chez quelques-unes d'entre elles des préférences marquées pour un spectre lumineux bien particulier. Il y a là peut-être un débouché intéressant pour d'autres recherches écologiques, mais il n'est pas ici dans notre propos d'entrer dans de tels détails.

Toujours à propos de ces préférendums chromatiques, rappelons que l'on peut remarquer dans les travaux de Von MOERICKE, quelques expériences dont les résultats sont assez surprenants, nous entendons parler de la « répulsion » de certains Insectes pour le blanc, en particulier en ce qui concerne les Diptères. Von MOERICKE a piégé avec un aspirateur placé au-dessus d'une surface jaune cerclée de blanc et constaté alors une diminution des captures par rapport à de semblables essais effectués sans cet entourage blanc. Nous avons nous-mêmes réalisé ces sortes d'expériences avec des entourages de couleurs diverses et les résultats ont été les mêmes dans tous les cas, c'est-à-dire qu'il y a diminution des captures quelles que soient les teintes utilisées ; Von MOERICKE reconnaît lui-même d'ailleurs avoir enregistré de semblables diminutions de récolte avec des cercles noirs. Quant aux récipients blancs, si leurs captures sont numériquement plus faibles que celles des récipients jaunes, l'abondance des Insectes recueillis est, ainsi que nous l'avons dit, due à la présence de nombreux Diptères. Ceci peut être imputable au fait que nos pièges renvoyaient peu l'ultra-violet, en effet, Von MOERICKE indique que les meilleurs répulsifs sont « des tissus de coton, des papiers exempts de bois, la céruse... ».

Pour réaliser ces expériences, nous avons procédé de la façon suivante. Nous avons fixé autour de chacun de nos récipients un anneau de carton. Ces anneaux étaient de largeurs diverses (1, 3 et 6 cm) et peints de diverses couleurs (noir, vert, blanc et rouge). Ces expériences ont porté sur une récolte de 4 296 Insectes.

D'une façon globale, on peut dire que, *quelle que soit la couleur de l'anneau qui ceinture l'assiette, il y a une baisse à peu près uniforme de la quantité des Insectes capturés et que cette baisse est d'autant plus accentuée que l'anneau est plus large.*

Par exemple, par rapport aux pièges témoins, il y a diminution de récolte de 10 à 12 % avec des anneaux de 1 cm de largeur, 30 % pour des anneaux de 3 cm et 40 % pour des anneaux de 6 cm.

Nous ne pouvons rapprocher ces résultats de ceux de Von MOERICKE, cet auteur n'ayant pas toujours précisé les largeurs des zones blanches encadrant ses pièges. Nous les indiquons d'ailleurs sous toute réserve en ce sens que, bien entendu, il serait nécessaire de distinguer ici encore les cas d'espèce. Prenons-en pour exemple *Systasis encyrtoides* (Hyménoptère Chalcidoïde), les chiffres sont :

Piège témoin	450 individus
— cerclé de noir sur 1 cm	350 —
— — — 3 cm	142 —
— — — 6 cm	70 —

Soit des diminutions de récolte de 22 %, 68 % et 84 %.

Par contre, il n'y a pas de baisse notable des récoltes en ce qui concerne par exemple les *Ichneumonidea*, les *Proctotrypoidea*, les *Sciaridae*.

Il s'est produit d'ailleurs le phénomène inverse, à savoir un accroissement des captures à l'aide des pièges cerclés mais dans un cas bien particulier et qui ouvre des horizons fort intéressants sur le piégeage sélectif. L'exemple que nous en pouvons donner concerne un Diptère Haplostomate *Ephydriidae* : *Ephydra riparia*. Cet Insecte s'est retrouvé en très grand nombre dans les assiettes cerclées de vert bronze ; comme il est lui-même d'un beau vert bronze brillant (à la façon de certains *Dolichopodidae*), nous avons pensé qu'il pouvait y avoir un rapport de cause à effet entre cette similitude de teinte et nos résultats.

Nous avons donc placé, dans des lieux où cet Insecte pullule tout particulièrement, des récipients entièrement peints de vert bronze... en vain. Il semble donc que la couleur

verte choisie, si elle attire effectivement ces Insectes, ne les incite pas pour autant à se poser, action qui serait donc imputable essentiellement à des corps jaunes. Nous verrons d'ailleurs en définitive que c'est la conclusion générale que l'on peut tirer de toutes les expériences relatives à cette « attractivité » des pièges jaunes.

2 – PARTICULARITÉS PHYSIQUES DES RADIATIONS ATTRACTIVES

Les expériences décrites dans les paragraphes précédents étaient réalisées avec des objets plans, colorés, disposés horizontalement. On pouvait penser que, peut-être, cette disposition particulière pouvait influencer sur le comportement des Insectes.

Afin de le vérifier, nous avons placé, dans le champ, un piège lumineux muni d'une lampe spectrale au sodium. La lumière émise est jaune-orangé, elle pourrait donc être attractive puisque nous savons que les Insectes, suivant les espèces, ont des préférences chromatiques variant du jaune verdâtre à l'orange. Il est évident que dans la journée un piège lumineux n'attire pas les Insectes car il est « étouffé » par la luminosité solaire. On pouvait néanmoins penser, qu'à courte distance, son rayonnement pouvait bien n'être pas inférieur au reflet d'un récipient de plastique qui n'a rien de particulièrement éclatant. Or aucun Insecte ne s'est laissé capturer. Nous avons pensé alors que, si le stimulus attractif était bien le jaune, c'était peut-être la partie polarisée de ce rayonnement qui était active. Nous avons donc polarisé les radiations dans un plan horizontal à l'aide de feuilles de polaroïd. Nous n'avons toujours enregistré aucune capture. Pourtant quelques Insectes viennent bien se poser sur le rebord du piège comme ils le feraient sur un quelconque papier jaune, mais ils s'envolent peu après sans pénétrer auprès de la lampe.

La simple observation visuelle en nature permet d'ailleurs de corroborer ce phénomène. Si, en effet, on inventorie la faune des fleurs, on s'aperçoit vite que les fleurs jaunes ne sont pas plus attirantes que les autres si ce n'est évidemment pour quelques espèces bien précises qui sont plus ou moins inféodées à cette teinte. Par exemple les *Meligethes* du Colza se retrouveront en abondance dans les *Onagres* mais ils sont pratiquement les seuls Insectes que l'on trouvera sur cette plante alors que les *Ombellifères* (dont la teinte serait donc répulsive d'après Von MOERICKE) sont fréquentées par une quantité incroyable d'Insectes de tous genres.

Nous avons alors voulu par une deuxième expérience confirmer que cette « attractivité » du jaune n'existait que lorsque les radiations étaient non pas diffuses mais réfléchies par un plan horizontal.

Pour ce faire, nous avons comparé les récoltes de récipients placés horizontalement à celles d'autres récipients pendus, au même niveau de la végétation, dans une position verticale.

Il suffit bien entendu pour capturer les Insectes d'enduire ces objets de glu.

On constate effectivement que les récipients horizontaux capturent davantage d'Insectes (51 % de plus dans le cas de nos expériences) que les verticaux. Or ceci est contraire à ce que l'on observe en utilisant des pièges englués, que ceux-ci soient faits de grillages, de métal, de rhodoïd opaque ou transparent, etc. : *les pièges gluants placés verticalement capturent toujours beaucoup plus d'Insectes que ceux disposés horizontalement* (généralement et en moyenne 4 fois plus), or, il s'est produit ici le phénomène inverse. Ceci confirme bien que la teinte des récipients-pièges joue un rôle véritablement attractif mais à condition que *la surface colorée soit horizontale*.

Remarque :

Bien entendu, ceci se vérifie pour les espèces qui sont sensibles à la teinte utilisée ; dans le tableau ci-dessous, nous montrons (pour quelques groupes d'Insectes) quelles ont été les différences de récolte dans le cas de plaques jaunes engluées disposées verticalement ou

horizontalement. On voit bien que pour certaines familles d'Insectes peu sensibles au jaune, le principe se retrouve, qui veut qu'une plaque engluée verticale soit plus efficace qu'une semblable plaque disposée horizontalement, par contre le phénomène est résolument inverse pour les Insectes sensibles au jaune.

TABLEAU VII

Groupes d'Insectes	Plaques jaunes horizontales	Plaques jaunes verticales
Sciaridae	12	39
Cecidomyiidae	18	18
Ichneumonoidea	6	9
Chalcidoidea	27	9
Jassidae	78	6
Diptères Thécostomates	27	0

3 - PIÉGEAGE EN LUMIÈRE CRÉPUSCULAIRE ET CONCLUSION

Les expériences décrites dans ce paragraphe relèvent d'une vue quelque peu anthropomorphe. Nous avons pensé en effet que la couleur jaune pouvait être particulièrement attirante dans la mesure où elle rappelait la teinte apparente de notre soleil et dans le cas bien entendu où cette teinte aurait un effet « mobilisateur » sur les Insectes. En quelque sorte disons que ce n'est pas par hasard que les Insectes diurnes et héliophiles préfèrent le jaune, mais que précisément ils sont diurnes parce que génétiquement « mobilisés » par les teintes jaunes claires.

Dans la mesure où cette hypothèse a quelque vraisemblance, il est donc permis de penser que les Insectes qui volent au début du crépuscule (au moment où le soleil descendant à l'horizon prend une apparence rouge-orangé) sont des espèces mobilisées par cette teinte. Dans un tel cas, à ces moments précis, des récipients de couleur rouge-orangée devront être préférés aux autres, aux jaunes eux-mêmes.

Nous avons effectué de telles expériences, dans le jour et au crépuscule, avec des récipients jaunes et rouge-orangé.

Sur 28 essais, dans la journée, les récipients jaunes l'ont emporté sur les rouge-orangés 25 fois, 1 fois les récoltes ont été semblables, 2 fois seulement les récipients rouge-orangés ont capturé davantage d'Insectes encore est-ce dû à des pullulations anormales de Thysanoptères.

Pour ce qui est des essais effectués au crépuscule, les récipients rouge-orangés l'ont emporté 15 fois sur les jaunes, 8 fois les récoltes ont été comparables, et les récipients jaunes se sont révélés 4 fois seulement être les plus efficaces encore était-ce dû à des pullulations de *Dolichopodidae* et *Chironomidae*, Insectes qui sont, nous le savons, indifférents à la couleur du piège et tentés essentiellement par l'eau contenue dans les récipients.

D'une autre manière disons que si les récipients jaunes capturent en moyenne, dans la journée, 45 % d'Insectes de plus que de semblables récipients rouge-orangé, au crépuscule, ces derniers capturent en moyenne, 40 % d'Insectes de plus que les jaunes.

Il faut bien entendu examiner ces captures plus en détail et ceci met d'ailleurs assez bien en valeur la notion d'unité éthologique.

On constate que la prédominance des récipients jaunes en phase expérimentale diurne résulte d'importantes captures en Diptères *Tachinidae*, *Calliphoridae*, *Sarcophagidae*, *Ephydridae*, *Chloropidae*, *Psilidae*, *Sepsidae*, *Micropezidae* et, au crépuscule, la prédominance des

réipients rouge-orangés résulte de l'abondance particulière de *Thysanoptères*, *Anthocoridae*, *Psychodidae*, *Proctotrypoidea*, etc. quelles que soient les espèces considérées.

Une seule exception doit être signalée dans le cas de ces expériences (quel principe « général » n'a pas d'ailleurs ses exceptions ?), elle concerne les *Cecidomyiidae*. On ne peut ici parler d'unité éthologique au niveau de la famille car si presque toutes les espèces sont capturées fort bien dans la journée et dans des bacs jaunes, l'espèce typique de la luzerne, *Contarinia medicaginis*, se capture, soit avec des pièges orangés, de préférence au crépuscule, soit à la nuit tombée, avec des pièges lumineux ordinaires.

Quoi qu'il en soit, il est bien évident qu'expliquer de telles différences de capture par des variations d'horaires d'activité n'est pas une solution en soi, encore faudrait-il donc expliquer les raisons de ces horaires. On a souvent écrit que la diminution de l'intensité de la lumière du jour prédispose au mouvement les Insectes crépusculaires, nous voyons que le problème n'est pas si simple et que la composition spectrale de la lumière peut aussi influencer.

Signalons enfin que certaines de ces espèces d'Insectes et nous pensons tout particulièrement aux Thysanoptères et Proctotrypoïdes peuvent tout aussi bien être capturés dans le jour et à l'aide des réipients rouge-orangé mais alors *dans l'épaisseur, sous le couvert de la végétation*, c'est-à-dire, dans une ambiance lumineuse non seulement atténuée mais aussi proportionnellement très chargée en infra-rouge ainsi que l'a montré GEIGER (1950).

Pour conclure ce chapitre concernant l'influence de diverses radiations lumineuses sur les Insectes, nous rappellerons donc l'influence prépondérante du jaune. Mais il est bien évident qu'en cette affaire la longueur d'onde de la vibration lumineuse ressentie par les Insectes n'est pas en soi, le stimulus attractif.

Un objet irradiant ou réfléchissant une lumière à dominance jaune, une lampe, une fleur, un objet quelconque n'attire guère que les Insectes notoirement inféodés à cette teinte tels les Méléghes du Colza. Pour que de très nombreux Insectes soient attirés *il faut que la surface soit plane et de préférence horizontale*. Ces phénomènes font donc penser à l'attractivité éventuelle d'une radiation horizontalement polarisée. Nous avons déjà abordé ce problème très simplement à propos du piège à lampe au sodium. Mais le problème n'est pas si simple car il est difficile de faire le départ entre l'influence des radiations réfléchies sur le fond des réipients (et alors colorées) et celles des radiations réfléchies en surface du liquide contenu dans ces réipients, nous reviendrons donc sur ce problème au chapitre suivant.

attractivité des radiations réfléchies sur les plans d'eau

RÉCIPIENTS COLORÉS EMBLIS D'EAU OU ENGLUÉS NATURE DU « MOUILLANT » UTILISÉ

Afin de faire le départ entre l'action de la couleur et l'action de l'eau en tant que stimuli attractifs des pièges colorés, nous avons, dans un premier temps, disposé deux groupes d'assiettes vertes, jaunes, blanches, noires et jaune-orangé, les unes emplies d'eau, les autres simplement enduites de glu.

Cette expérience a constitué une partie de celle décrite au chapitre précédent et dont les résultats ont été établis, ainsi que nous l'avons signalé, à partir d'une récolte de 23 619 Insectes.

Ces résultats ont d'ailleurs été tout à fait surprenants. Nous avons pensé établir, à ce propos, ce que nous avons appelé un *indice d'hygrophilie* : rapport des captures effectuées par des assiettes emplies d'eau à celles effectuées par un même nombre d'assiettes engluées.

Les Insectes assez sédentaires ont des « indices d'hygrophilie » proches de la moyenne générale (2,27), c'est-à-dire que nous avons recueilli 2,27 fois plus d'Insectes en tout, dans l'eau que sur la glu. Parmi ces Insectes, citons :

les Thysanoptères	2,5
les Diptères Haplostomates	2,5
les Chalcidoïdes	2,6

Les Insectes moins sédentaires sont plus avides d'eau :

Diptères Thécostomates	6,9
Ichneumonoïdes	3

Les Apoïdes, qui rapportent souvent de l'eau dans leur jabot, sont plus intéressés encore :

Apoïdes 12,4

Quant aux Coléoptères, ils sont assez avides d'eau :

Nitidulidae (Meligethes) 5,7

Curculionidae (Ceutorrhynchus) 5

Mais le plus surprenant est que certains groupes d'Insectes davantage semble-t-il attirés par la glu que par l'eau et par conséquent dont l'indice d'hygrophilie est inférieur à 1, sont précisément des Insectes normalement attirés par les plans d'eau :

Chironomidae 0,6

Dolichopodidae 0,8

Il semblerait donc exister deux types de comportement :

— il y aurait des Insectes attirés par l'humidité,

— il y aurait des Insectes attirés par les plans d'eau, non pas à cause de l'humidité sus-jacente, mais peut-être par la lumière polarisée horizontalement réfléchie par ces surfaces (le problème n'est pas si simple et nous y reviendrons à la fin de ce chapitre). Quoi qu'il en soit, dans ces conditions, on voit que toute surface brillante horizontale peut attirer les Insectes, à savoir, dans le cas présent, les assiettes enduites de glu. Quant à expliquer qu'il se prenne davantage de *Chironomidae* et de *Dolichopodidae* sur la glu que dans l'eau, nous en sommes réduit aux hypothèses. La première idée qui se présente à l'esprit est que ces résultats sont erronés, ces Insectes venant tout aussi nombreux, plus peut-être, se poser sur l'eau, mais s'en échappant après y avoir tout juste trempé l'extrémité de leur abdomen (*Chironomidae*) ou de leurs tarses (*Dolichopodidae*). Cependant des observations visuelles réfutent cette hypothèse car ces Insectes, comme la plupart des Diptères d'ailleurs, ont dans cette occurrence un comportement très aberrant, plongeant brutalement dans les assiettes où ils sont alors irrémédiablement « collés » par le mouillant. Il est donc bien vraisemblable que, pour ces Insectes, la surface brillante de la glu a été assimilée à une nappe d'eau.

Signalons enfin qu'il serait vain par contre de vouloir calculer un indice d'hygrophilie pour des Insectes tels que les *Cercopidae*, *Jassidae*..., ceux-ci nagent fort bien à l'aide de leurs pattes postérieures sauteuses et beaucoup d'entre eux réussissent à s'échapper avant que de l'eau ait pénétré dans leurs trachées.

Dans le cadre de cette étude sur l'influence éventuelle du produit dont on enduit ou emplit les récipients, nous nous sommes posé la question de savoir si le détersif employé (teepol du commerce) n'avait pas une action attractive.

Dans une première série d'expériences, nous avons donc disposé, les unes près des autres, des assiettes jaunes contenant de l'eau ordinaire, de l'eau additionnée de ce mouillant, de l'eau additionnée d'une « lessive », de l'eau additionnée de cyanure de potassium.

Les pièges contenant de l'eau additionnée de lessive ou de détersif ont pratiquement capturé de semblables quantités d'Insectes. L'eau pure a attiré d'aussi nombreux Insectes mais presque tous se sont échappés (observations visuelles). Beaucoup d'Insectes également sont venus frôler le liquide cyanuré mais, si tous les Hyménoptères attirés par ce piège se sont laissés prendre, par contre aucun Diptère ne s'est posé, vraisemblablement repoussé par l'odeur.

Il semble donc que le mouillant habituellement employé n'ait pas eu d'action particulière, donc perturbatrice de nos mesures.

Il résulte de cette dernière expérience que la présence de l'eau dans les récipients colorés influe sur l'attractivité de ces appareils vis-à-vis des Insectes et que si certains sont attirés par la teinte même du récipient d'autres sont attirés par l'eau, mais comment agit cette phase liquide sur les récepteurs sensoriels des Insectes ? Nous tenterons de le préciser dans les paragraphes suivants.

ÉTUDE DES RÉFLEXIONS LUMINEUSES

1 – SUPPRESSION DE L'HYGROMÉTRIE SUS-JACENTE

Nous avons disposé quelques assiettes jaunes témoins et d'autres identiques mais dont le contenu était recouvert d'un epilamen d'huile de paraffine ; il ne pouvait ainsi y avoir aucune tension de vapeur d'eau sus-jacente susceptible d'attirer les Insectes. Or les captures furent tout aussi nombreuses dans les deux sortes de récipients. Nous savions déjà d'ailleurs (GASPAR, communication personnelle) que les écologistes belges n'ont jamais décelé de modifications notables d'hygrométrie au-dessus de bacs d'eau ainsi disposés dans la nature. Les principes actifs de l'attraction semblaient donc bien se restreindre à deux facteurs : la couleur jaune et les reflets lumineux sur la surface du liquide.

2 – ACTION DES MIROIRS

Nous avons remplacé les assiettes jaunes par des miroirs circulaires et de semblable diamètre. Afin de capturer les Insectes susceptibles de venir s'y poser, nous avons placé, sur ces miroirs, des boîtes de PÉTRI de même diamètre et emplies d'eau additionnée du détersif habituel.

Ces sortes de pièges agissent donc théoriquement par réflexion des lumières atmosphérique et solaire, sans prédominance d'aucune longueur d'onde particulière pouvant modifier la lumière naturelle. Nous ne pouvons affirmer évidemment, qu'en ce domaine, la vision des Insectes corresponde à la nôtre, mais ceci n'entre que peu ici, à notre avis, en ligne de compte en ce sens que nous cherchions simplement dans ce cas à imiter la réflexion de la lumière naturelle sur un plan d'eau.

On peut alors constater qu'un tel piège capture beaucoup d'Insectes et, si l'on excepte les Insectes particulièrement sensibles au jaune (Thysanoptères, certains Chalcidiens, les Vespoïdes *sensu lato*, les Syrphes, les Aphidiens, les Méligèthes, les Ceutorrhynques...) on voit que, pour beaucoup d'unités biologiques, il n'y a qu'assez peu de différences quantitatives entre les captures effectuées à l'aide des assiettes jaunes ou des miroirs. Citons par exemple, les Sciarides et Cécidomyïdes, les Anthomyïdes, Calliphorides, et Muscides, les Ichneumonoides et les Proctotrypoides.

Signalons, cette fois, encore, le comportement très particulier des Chironomides et Dolichopodides, habitués des plans d'eau et qui se prennent en plus grand nombre (respectivement 10 et 3 fois davantage) dans les pièges-miroirs que dans les récipients jaunes.

3 – PIÈGES AU SOLEIL ET A L'OMBRE. L'ASSIETTE BIPARTITE

Afin de faire le départ entre les deux stimuli probables des pièges colorés, couleur et reflet sur l'eau, nous avons disposé des séries d'assiettes jaunes à l'ombre et au soleil. L'expérience n'a porté que sur 2 087 Insectes, mais les résultats ont été si rapidement concluants qu'il n'a pas été nécessaire de prolonger les piégeages.

Dans les assiettes exposées au soleil on capture de 4 à 5 fois plus d'Insectes que dans de semblables pièges à l'ombre.

Si l'on examine les captures dans le détail, les résultats peuvent être fort divers mais bien conformes à la biologie des Insectes considérés. On capture davantage au soleil les

TABLEAU VIII

Unités	Jaune		Miroir		Vert		Miroir	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
<i>Cecidomyiidae</i>	12	0,9	14	3,1	24	4,5	14	3,1
<i>Sciaridae</i>	10	0,7	15	3,3	5	0,9	2	0,4
<i>Chironomidae</i>	3	0,2	33	7,3	2	0,3	9	2,0
<i>Dolichopodidae</i>	9	0,7	25	5,5	9	1,7	30	6,8
<i>Empididae</i>	33	2,5	5	1,1	23	4,3	9	2
<i>Phoridae</i>	13	1	6	1,3	49	13	28	6,3
<i>Anthomyiidae</i>	24	1,8	27	6	23	4,3	12	2,7
<i>Calliphoridae</i>	41	3,2	28	6,2	44	8,1	51	11,5
<i>Ichneumonoidea</i>	19	1,4	14	3,1	23	4,3	17	3,8
<i>Chalcidoidea</i>	61	4,6	5	1,1	22	4,1	12	2,7
<i>Proctotrypoidea</i>	19	1,4	11	2,4	11	2	8	1,8
<i>Aphidoidea</i>	135	10,3	47	10,4	88	1,6	76	1,7
Thysanoptères	666	51,2	121	26,8	79	1,4	75	1,7
<i>Ceutorrhynchus</i>	24	1,8	0	0	—	—	—	—
<i>Meligethes</i>	14	1,7	0	0	—	—	—	—
etc.								
TOTAUX	1 306	100	450	100	533	100	449	100

Diptères héliophiles *Syrphidae*, *Tachinidae*, *Sarcophagidae*, *Calliphoridae*, *Muscidae* et divers Haplostomates, les Aphidiens, des Thysanoptères, des Coléoptères floricoles et toutes les familles présentes d'Hyménoptères à l'exception des *Proctotrypoidea* qui fréquentent plutôt l'intérieur de la végétation. Ceux-ci remontent d'ailleurs en surface de la végétation à la faveur de l'ombre portée par des écrans de cartons.

Par contre, la plupart des Diptères Nématocères (à l'exception des *Sciaridae*) se sont laissés capturer en quantités égales à l'ombre comme au soleil.

Restait à bien préciser si la différence d'ensoleillement de ces pièges avait une action effective (par la plus ou moins grande importance des reflets sur l'eau et par la plus ou moins grande intensité de la lumière jaune réfléchie) ou s'il s'était produit un effet de microclimat, les Insectes volant moins activement à l'ombre.

A cet effet, nous avons disposé, sur un support orientable, une assiette jaune séparée en deux parties égales par une cloison verticale en plexiglass parfaitement transparent et d'environ 15 cm de hauteur (voir fig. 1) cette sorte de piège étant placé au soleil. L'assiette est orientée de telle façon que la cloison verticale soit perpendiculaire aux rayons solaires. Il fallait évidemment que nous fassions de nombreuses visites à cet appareil, non automatique, pour maintenir cette orientation.

On constate alors que, d'une façon très analogue au cas précédent, on capture de 4 à 5 fois plus d'Insectes dans la partie de l'assiette qui est opposée au soleil par rapport à la cloison centrale, c'est-à-dire du côté où il y a le maximum de rayons réfléchis (voir fig. 1).

Ce rayonnement est constitué de lumière « blanche » directement réfléchie à la surface de l'eau et de radiations à dominante jaune réfléchies sur le fond du récipient. Ces divers rayons sont d'ailleurs partiellement polarisés. Il est alors très difficile de savoir si le principe attractif des pièges est soit la lumière blanche non polarisée réfléchie par l'eau, soit la partie polarisée de cette lumière, soit la lumière jaune polarisée réfléchie par le fond de l'assiette, soit la partie non polarisée de cette radiation.

Notre élève POLLET a donc tenté l'analyse de ces stimuli et avec des résultats assez surprenants ; nous rappellerons brièvement ses expériences ci-après¹.

1. Expériences réalisées sous notre direction aux S.S.C.-ORSTOM à Bondy.

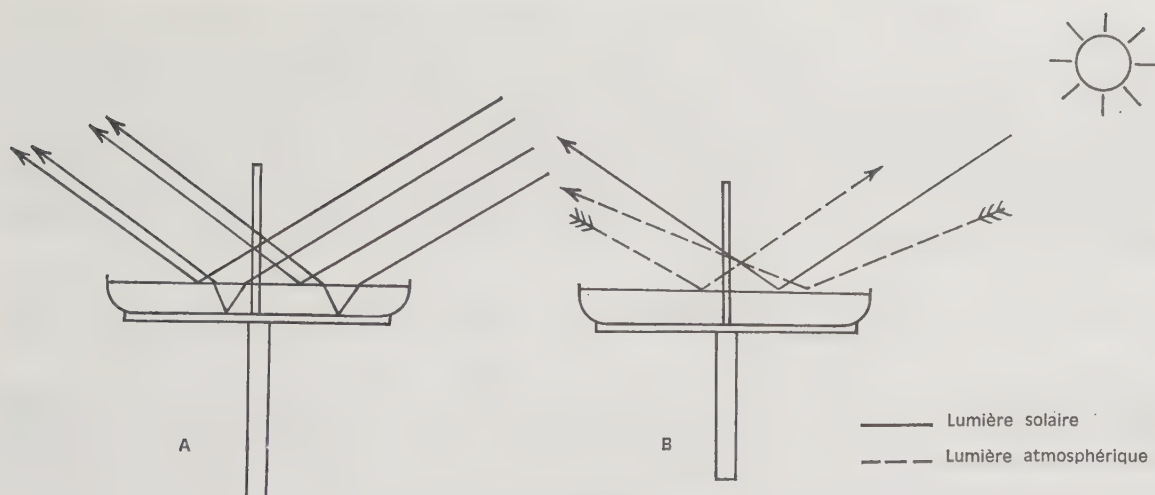


FIG. 1. — L'assiette bipartite.

En A, détails des trajets des radiations solaires ; le dessin B (plus schématique) montre que la lumière atmosphérique, diffuse, est réfléchiée en tous sens.

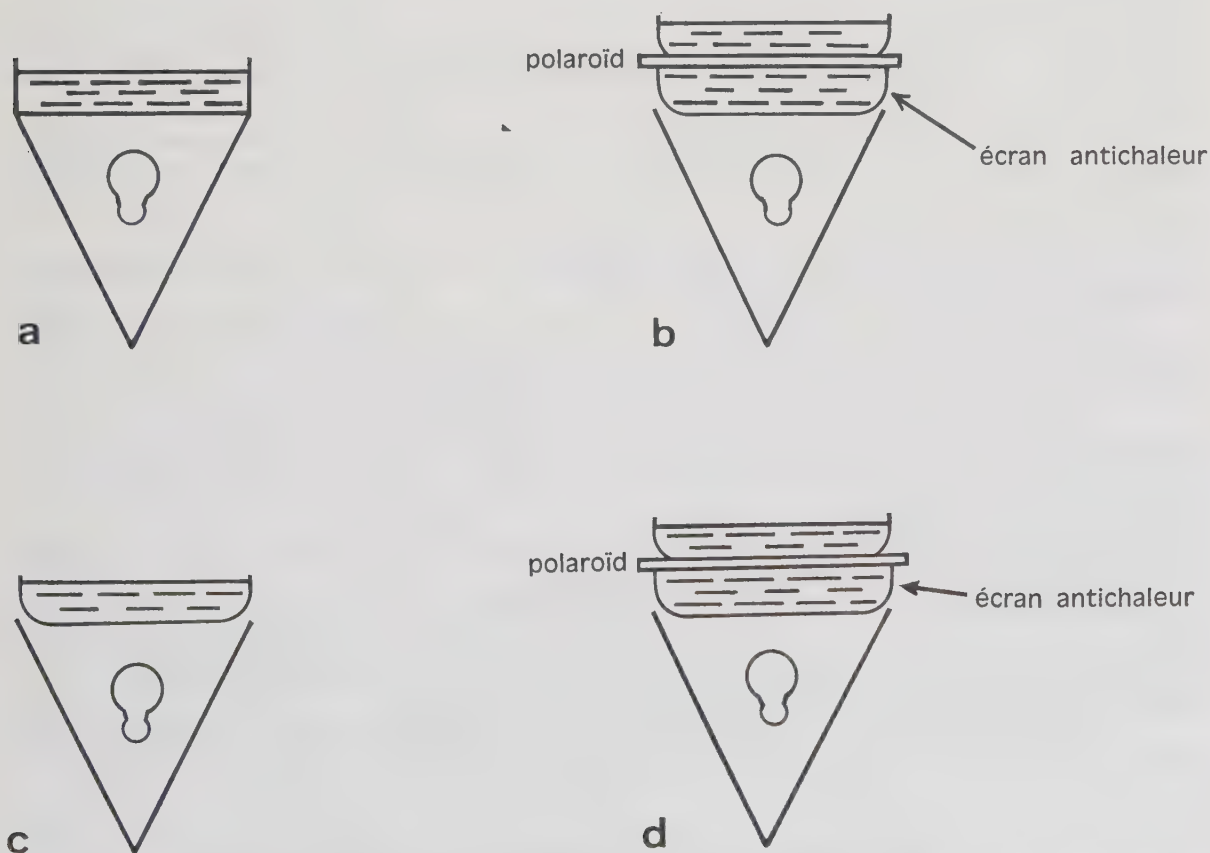


FIG. 2. — a, Boîte de Pétri emplie d'eau : lumière « blanche » complexe ; b, Boîte de Pétri emplie d'eau posée sur polaroïd : lumière « blanche » polarisée à 100 % ; c, Récipient jaune emplie d'eau : lumière à dominante jaune et de structure complexe ; d, Boîte de Pétri sur polaroïd et récipient jaune : lumière à dominante jaune et polarisée à 100 %.

Nous pouvons néanmoins conclure à une réelle attractivité du reflet solaire sur l'eau. Nous avons vu en effet que d'autres pièges que les assiettes jaunes étaient susceptibles de récolter nombre d'Insectes : des assiettes vertes, des blanches, des miroirs, des bacs à fond noir, etc. Simplement le jaune est une teinte préférentielle et tout particulièrement pour les Diptères Cyclorhaphes, les Aphidiens, les Hyménoptères, les Coléoptères floricoles, etc. A l'inverse, ainsi que nous l'avons vu, les Thysanoptères, la plupart des Proctotrypoides, certaines espèces de Cécidomyides et, d'une façon générale, les Insectes précrépulesculaires préfèrent souvent l'orangé.

4 - PLATEAUX COLORÉS ÉCLAIRÉS ARTIFICIELLEMENT

Nous avons donc confié à A. POLLET l'étude des quatre stimuli éventuels des pièges colorés tels que nous les avons défini ci-avant, mais dans des conditions bien particulières : dans un boqueteau d'aubépines et de nuit, donc avec des pièges éclairés en lumière artificielle.

Nous rappellerons ici brièvement les méthodes et les résultats obtenus.

Les quatre types de pièges utilisés par POLLET sont représentés à la figure 2.

N.B. — Dans le cas (4) la lumière est d'abord « teintée » en jaune puis polarisée. En effet, si on place l'écran polaroïd sous l'assiette, la lumière diffusée est « dépolarisée » par son passage à travers la substance amorphe du récipient (observation faite à l'aide d'un autre écran polaroïd). Signalons également que, par interposition de feuilles dépolies translucides, les intensités lumineuses des quatre sortes de pièges ont été ramenées à la même valeur. Les contrôles ont été effectués au luxmètre, ce qui implique que cette égalisation n'a pu être très rigoureuse, la cellule de ces sortes d'appareils étant généralement plus sensible au jaune qu'aux autres radiations.

Les résultats ont été difficiles à interpréter car ils découlent d'un petit nombre d'expériences. Les différences des captures entre les pièges jaunes et « blancs » sont minimales en ce qui concerne les Insectes autres que les papillons nocturnes. Dans les deux cas, il a été capturé des Hyménoptères, des Diptères, des Homoptères...

Résumons brièvement les résultats obtenus en disant que les Lépidoptères crépusculaires préfèrent manifestement les pièges blancs.

En ce qui concerne le phénomène de polarisation, les résultats sont nets : les pièges blancs polarisés sont davantage attractifs que les non polarisés, par contre, les pièges jaunes à lumière totalement polarisée ne capturent pratiquement rien.

Il était également intéressant d'étudier ce problème à l'aide de faisceaux lumineux polarisés, soit verticalement, soit horizontalement. Dans ce dernier cas, on se retrouve en quelque sorte dans les conditions du piégeage par assiette emplies d'eau avec réflexion horizontale partiellement polarisée.

Nous avons utilisé, pour ces expériences, un piège lumineux à double faisceau : polarisé horizontalement d'un côté, verticalement de l'autre.

Quantitativement, les captures ont été équivalentes dans les deux compartiments du piège. Dans le détail, on peut observer quelques divergences dans les qualités des captures mais rien n'est vraiment significatif. Une seule famille a montré une nette préférence pour la lumière polarisée... verticalement d'ailleurs, celle des *Tipulidae*.

Nous pouvons donc en conclure que la partie polarisée des rayons réfléchis par des plateaux colorés n'est pour rien dans l'attractivité de ces pièges.

5 - PROBLÈMES DES NAPPES D'EAU NATURELLES

Nous avons donc été amené à la conclusion que les récipients colorés, tels que nous les utilisons actuellement, doivent une bonne part de leur attractivité à la présence de l'eau ;

la couleur, et en particulier la couleur jaune, incitant les Insectes à se poser (voir expériences : couleurs diverses et miroirs).

Toute surface d'eau libre naturelle doit donc attirer également les Insectes, pourtant il est rare d'observer de ces Arthropodes noyés dans les mares ou étangs exception faite des individus malades ou mourants, comme par exemple des Éphémères (« manne » des pêcheurs). Évidemment le fond de ces nappes n'a pas cette teinte jaune qui séduit tant les Insectes floricoles, néanmoins l'explication n'est pas suffisante.

Les idées les plus évidentes ne sont pas toujours de celles que l'on retient de prime abord et pourtant n'était-il pas bien simple de penser que si les Insectes ne se noient pas en grand nombre dans les nappes d'eau... c'est que celle-ci ne contient pas de produits « mouillants ».

L'expérience était facile à réaliser. Nous installâmes donc, dans notre luzernière, un grand bac en fibrociment, de quelque 15 cm de profondeur. Le fond de ce récipient étant enduit de goudron, toutes les réflexions sur le fond étaient éteintes, ce qui donnait à la nappe d'eau un effet de « profondeur » très satisfaisant. Quelques gouttes de mouillant et le piège était prêt. Les résultats ne se firent pas attendre ! Soixante-douze heures après, c'est un véritable limon d'Insectes que nous retrouvâmes au fond du bac. Nous n'avons pas comptabilisé ces captures qui étaient loin d'ailleurs d'être toutes en bon état, mais nous en avons relevé grossièrement la composition.

Disons donc que nous avons ainsi recueilli par centaines des *Chironomidae*, *Cecidomyiidae* et *Ceratopogonidae* (mâles), des *Syrphidae*, *Calliphoridae*, *Sarcophagidae*, *Anthomyiidae* et Haplostomates divers, par dizaines des *Jassidae*, des *Stratiomyiidae*, *Pipunculidae*, *Phoridae* et *Tachnidae*, des *Culex* enfin que nous n'avions jamais capturés auparavant même avec des assiettes à fond noir, sans doute parce que la réflexion de la lumière sur le fond noir et quelque peu brillant du récipient attestait du peu de profondeur de la couche d'eau. Par quelques unités enfin nous avons recueilli des Orthoptères, des Pyrales, des Coccinelles, des Tenthredes, des *Vespoidea*, *Ichneumonoidea* et *Chalcidoidea*, quelques *Mycetophilidae*, quelques *Anthororidae*...

Une abondante récolte en somme quoique beaucoup moins variée que celles qu'on se procure avec les pièges jaunes. Le mouillant utilisé (teepol du commerce) n'est, nous le savons, pour rien dans ces riches récoltes ; nous l'avons d'ailleurs encore vérifié en disposant dans le champ deux bacs identiques.

Dans l'un nous avons mis un peu de ce détersif, dans l'autre, une quantité telle que l'eau en était devenue opalescente. Dans ce deuxième bac, nous n'avons finalement capturé que très peu d'Insectes.

Ceci montre bien en tous cas la grande attractivité des étendues d'eau à l'égard de la plupart des Insectes.

Nous avons vu que les stimuli attractifs étaient constitués par les radiations solaires et atmosphériques réfléchies en surface de l'eau. Ceci explique parfaitement bien qu'un Dytique, en vol, ira se poser dans une petite mare et non pas, par exemple, sur une pelouse au-dessus de laquelle pourtant le renforcement de l'hygrométrie de l'atmosphère peut être beaucoup plus important.

On peut ici se poser la même question qu'en ce qui concerne les radiations réfléchies par le fond des récipients colorés, puisque ces surfaces sont (et doivent d'ailleurs être) horizontales, ne serait-ce pas la partie polarisée des radiations réfléchies qui est stimulante ?

En ce qui concerne la couleur jaune nous avons vu que la polarisation dans un plan horizontal des radiations d'une lampe spectrale au sodium n'avait pas d'action notable sur les Insectes diurnes. De même POLLET a montré que la polarisation totale de radiations émises au travers des récipients jaunes était au contraire nuisible à la capture des Insectes nocturnes.

Nous avons vu également qu'une lumière « blanche » traitée par interposition de polaroid n'avait davantage d'efficacité qu'à l'égard de certains Insectes seulement (Lépidopt.

Hétéro., en particulier). Il est vrai que dans ce dernier cas il est difficile de parler de lumière « blanche » car les feuilles de polaroïd provoquent l'apparition d'une dominante verdâtre.

On peut donc se demander si pour les Insectes comme pour les Animaux supérieurs dont les rétines ne sont pas sensibles à la polarisation lumineuse, toute surface horizontale réfléchissante n'est pas assimilée à une étendue d'eau.

Les Insectes viendraient en foule survoler de telles surfaces pour finalement s'y poser si la teinte du récipient contenant le liquide les y amène ; ce peut être une couleur semblable à celle de la plante hôte au temps de l'oviposition, ce peut être une teinte comparable à celle d'une fleur nourricière pendant le butinage, c'est en tous cas, le « jaune citron » pour la quasi-totalité des Insectes héliophiles.

application pratique de ces tropismes : les pièges colorés

Nous ne voudrions pas commencer ce chapitre sans signaler que, depuis quelque cinq années déjà, les pièges colorés ont acquis, en France, une solide réputation d'efficacité, tout au moins en ce qui concerne l'échantillonnage qualitatif de beaucoup d'espèces d'Insectes.

Nous citerons en premier chef les études entreprises sur la faune des pommiers au Laboratoire de Biocénologie et de Lutte Biologique de La Minière par P. J. CHARLES, A. CORNIC, J. J. VINCENT et notre collaborateur G. COUTURIER, depuis 1965. Il s'agit en l'occurrence de faire un inventaire aussi exact que possible et de tracer les courbes de pullulation de diverses espèces entomologiques (essentiellement les parasites) dans des parcelles traitées suivant les principes de la lutte chimique classique ou ceux de la « lutte intégrée » et dans des parcelles-témoins non traitées.

Dans un but plus particulièrement faunistique citons les travaux du Laboratoire de Biocénologie de La Minière à Briançon et Valence, de A. BOURNIER à Montpellier (relativement aux Thysanoptères), de D. DUVIARD et J. POLLET en Côte-d'Ivoire, de P. COCHEREAU en Nouvelle-Calédonie, de P. MONSARRAT à Madagascar.

J. BLONDEL, en Camargue, grâce à ces pièges d'une remarquable simplicité d'emploi, a pu jumeler une délicate étude entomologique à ses excellents travaux sur les Oiseaux insectivores.

BRUNEL, à Rennes, a étudié l'éthologie de la « mouche de la carotte », à l'aide de pièges colorés.

Citons également à ce propos, les travaux de MOREAU (INRA, Versailles) qui a pu préciser des variabilités très fines de tropisme chez les Oscinies.

1 – DESCRIPTION ET INTÉRÊT DE CES PIÈGES

Les pièges colorés tels qu'ils sont actuellement utilisés sont d'une conception fort simple. Ce sont des récipients en matière plastique de couleur dans lesquels on place de l'eau additionnée d'un produit mouillant. Les pièges ainsi constitués sont simplement posés sur des supports, aux endroits désirés et, dans la plupart des cas, surtout s'il fait beau (mais nous en reparlerons plus loin), les Insectes se font capturer en grand nombre.

En quelque sorte ce qui n'est pas si simple *c'est la façon de les utiliser* et l'étude éthologique développée dans les pages précédentes montre bien à quel point il était nécessaire de préciser le comportement des Insectes à l'égard de l'eau et des objets colorés.

Nous savons par exemple que les stimuli attractifs sont les radiations réfléchies ; il serait donc puéril par exemple de vouloir comparer les récoltes de deux pièges identiques mais dont l'un serait pendant plus de temps à l'ombre que l'autre.

L'attractivité d'une même teinte envers une même espèce entomologique peut varier dans le temps, suivant la physiologie de l'Insecte, nous avons déjà signalé de tels faits dans le paragraphe traitant du chromatotropisme. Il peut donc être nécessaire de ne pas utiliser systématiquement des pièges jaunes ainsi que le font la plupart des chercheurs. En dehors de ces questions de physiologie, il est d'autres cas où le piège jaune ne se révèle pas le plus efficace ; nous avons parlé à ce propos des Insectes crépusculaires qui « préfèrent » les récipients rouge-orangé, ce qui est aussi le cas assez général d'ailleurs des Insectes sciaphiles.

Quoi qu'il en soit et dans la plupart des cas, ainsi que nous l'avons montré, les pièges les plus efficaces et partout les plus utilisés sont des pièges d'une teinte jaune verdâtre (jaune « citron »).

En effet, il convient bien à ce propos de parler de « préférendums ». Il n'y a pas finalement de différences rigoureusement tranchées entre les captures effectuées par des pièges de teintes diverses. *Que les récipients soient verts, blancs, bleus, rouge-orangé ou jaunes, ils capturent la quasi-totalité des espèces présentes et simplement, dans la généralité des cas, ce sont les pièges jaunes qui sont quantitativement les plus efficaces.*

Existe-t-il donc des espèces qui ne sont jamais capturés avec de tels procédés ?

Nous avons signalé l'exemple des Insectes hématophages ; presque jamais ces Insectes ne sont capturés aux pièges colorés. On sait que ces espèces ont des tropismes susceptibles de les orienter vers leurs proies. Ainsi les moustiques se dirigent vers des sources de gaz carbonique, chaudes d'ailleurs et humides¹ ; les taons étant semble-t-il davantage attirés par la chaleur.

Le cas des Lépidoptères diurnes est également fort curieux. Nous ne capturons avec les pièges jaunes que de rares *Nymphalidae* et seulement des *Hesperiidae* en grand nombre, mais les autres familles ne sont jamais concernées. On sait d'ailleurs que la plupart de ces Insectes sont attirés de préférence par l'indigo violacé ; il est intéressant de constater que *cette teinte est précisément la couleur complémentaire du jaune*. Quoi qu'il en soit et même avec des récipients de cette teinte, les captures de papillons diurnes sont toujours chose rare. La plupart des espèces se contentent de tourner autour des pièges et si ces Insectes se posent c'est toujours prudemment sur le rebord, alors que la plupart des autres Insectes « plongent » littéralement dans le liquide.

Nous avons néanmoins réussi à capturer quelques *Pieridae* à l'aide de récipients jaunes ceinturés d'une couronne peinte de vert tendre. On ne sait trop dire s'il s'agit là d'un effet de contraste où si ces teintes tendaient à se combiner dans la vision de l'Insecte, mais il est certain que cette méthode nous a donné des résultats fort corrects.

C'est peut-être avec de tels récipients polychromes que l'on pourrait réaliser des pièges plus nettement sélectifs. Là n'était d'ailleurs pas notre propos et nous n'avons donc qu'effleuré ce problème qui mériterait une étude plus poussée.

En quelque sorte, le piège coloré jaune est par excellence le piège pour Insectes héliophiles et floricoles ; mais, eu égard à la présence de l'eau, on peut admettre que les Insectes capturés avec cette sorte de piège peuvent se ranger en quatre catégories : ceux que l'eau attire, ceux que la couleur jaune stimule et qui se posent sur des aires de cette teinte quelle

1. Et bien d'autres facteurs jouent sans doute un rôle, par exemple : l'oestrone et l'androstane (ROESSLER, 1961), l'odeur de la peau (HUDSON, 1956), etc.

qu'en soit la nature, ceux qui peuvent préférer une autre teinte mais que le jaune attire néanmoins comme c'est le cas pour beaucoup, sans oublier pour autant ceux capturés si l'on peut dire par hasard tels moustiques et simules.

Ces considérations éthologiques étant posées, le piège jaune peut-il être considéré comme un bon appareil d'échantillonnage ? Dans notre introduction nous avons exposé que, de toute manière, aucun piège ne pouvait être considéré comme un bon appareil d'échantillonnage, puisque les Insectes se déplacent et que l'on en capture d'autant plus précisément qu'il se déplacent davantage et cela est une question d'espèce aussi bien que de conditions climatiques du moment (cf. Introduction, « Populations actuelles et populations opérationnelles »).

Mais, outre ce défaut inhérent à tous les pièges, on a pu reprocher aux pièges jaunes une certaine sélectivité. Ceci n'est pas niable et nous l'avons démontré dans les chapitres précédents. N'y revenons donc pas ; mais signalons toutefois qu'il est des cas de « sélectivité apparente » pour lesquels les qualités des pièges ne sont pas en cause, le facteur responsable des « distorsions » existant entre l'abondance réelle et l'indice de présence indiqué par le piège étant alors le comportement propre à chaque espèce.

Nous en prendrons pour exemple deux Coléoptères *Cerambycidae*: *Tetrops praeusta* et *Liopus nebulosus* qui hantent fréquemment les frondaisons de pommiers. Les représentants de la première espèce effectuent fréquemment, au matin, des vols massifs autour de la frondaison et on les capture en grand nombre, alors que les seconds, mauvais volateurs, ne sont jamais capturés en si grand nombre. Cela n'implique pas du tout que ces derniers ressentent moins l'attrait des surfaces colorées de jaune, en définitive, nous retrouvons là le cas précédent de ces distorsions qu'implique la plus ou moins grande mobilité des diverses espèces entomologiques.

Il faut d'ailleurs, à ce propos, considérer également l'influence du biotope.

Ainsi, en luzernière, lorsque le temps est favorable, la plus grande partie de la faune vient tourbillonner au niveau du sommet des tiges et les échantillons que l'on peut récolter sont bien représentatifs de la faune, à ce niveau, ainsi que le montrent les récoltes que l'on peut faire avec toutes sortes d'autres appareils.

Par contre, dans une frondaison, les échantillons sont beaucoup moins valables et il faut compléter la méthode des pièges colorés par d'autres, le frappeage par exemple. Il n'y a pas dans une telle masse végétale d'endroit où les Insectes se rassemblent préférentiellement comme dans un milieu herbacé, à certaines heures (exception faite des larves ou des espèces sciaphiles qui demeurent cachées sous les herbes). Dans une frondaison, certains Insectes préfèrent fréquenter le haut du feuillage, d'autres le bas, d'autres encore se tiennent de préférence près du tronc, d'autres exclusivement en périphérie de la frondaison, etc. *Il est donc nécessaire de connaître les habitats des diverses espèces* (ou tout au moins des diverses unités éthologiques) *avant que de prétendre les bien recenser*. Des recherches sur ce sujet ont été entreprises par notre collaborateur G. COUTURIER en ce qui concerne le peuplement des frondaisons de pommiers ; pour ce qui est des milieux herbacés, nous développerons ces notions dans la deuxième partie de cette étude.

Pour ce qui est de l'utilisation pratique des pièges jaunes, elle est extraordinairement simple, ce qui fait tout l'intérêt de ces appareils.

Les récipients sont placés sur de petits supports au niveau désiré et aussi près que possible de la végétation, car, ainsi que nous le verrons plus loin, la distance d'attractivité de ces pièges est très faible. On remplit les assiettes d'eau dans laquelle on verse quelques gouttes d'un mouillant (teepol du commerce par exemple). Les Insectes qui se posent sur le liquide sont très rapidement tués et coulent, pour la plupart, presque instantanément.

La récolte des Insectes capturés est également fort simple. On peut par exemple déverser les assiettes dans des récipients tels que bocaux, seaux, sacs en matière plastique..., puis, au Laboratoire, on filtre sur soie à bluter au 1/4 de millimètre et l'on chasse, d'un jet de « pissette », la partie retenue dans un récipient contenant de l'alcool à 70, 80 ou 90° (notons

que l'introduction des Insectes abaisse évidemment le taux alcoolique, celui-ci doit donc être choisi en fonction de la masse des Insectes à conserver).

Lorsque les pièges se trouvent situés assez loin du laboratoire, ou dans des endroits malaisés à parcourir, on peut utiliser la méthode plus simple encore de notre élève POLLET. On n'emporte avec soi que les quelques piluliers nécessaires au stockage des échantillons et un entonnoir terminé par un tube fermé de soie à bluter. On vide les assiettes dans cet entonnoir et l'échantillon s'accumule au fond du tube. On déboîte alors ce dernier et on déverse son contenu dans un pilulier en s'aidant d'un jet d'alcool.

Nous n'avons d'ailleurs insisté sur ces manipulations particulièrement aisées qu'à seule fin de bien montrer les avantages de cette méthode qui, outre sa simplicité et sa rentabilité, ne nécessite, soulignons-le, *aucune source d'énergie*.

Dans le but d'expliciter le mode d'emploi de ces pièges attractifs, nous avons effectué quelques études complémentaires relatives à leur mise en œuvre sur le terrain.

2 - GROUPES DE PIÈGES

Nous avons disposé dans la luzernière, des groupements d'assiettes jaunes. Ces récipients n'étaient pas d'ailleurs juxtaposés, ce qui serait revenu à réaliser un piège de grande dimension, mais plus ou moins écartées les uns des autres, de façon à couvrir, quel que soit leur nombre, une surface de 4 m².

Nous avons ainsi effectué plusieurs séries de piégeages avec des groupes de 3, 6, 9 ou 12 assiettes, faisant donc ainsi varier l'« intensité » du prélèvement entomologique. Ces diverses expériences étaient réalisées aux mêmes jours, aux mêmes heures, sur de semblables surfaces, donc avec des biomasses d'Insectes semblables (très théoriquement bien entendu), le champ étant pour lors supposé homogène.

Les piégeages ont été effectués en juillet et août 1964 ; ils ont produit 31 858 Insectes.

Si l'on considère les résultats globaux, on peut évidemment conclure que, ainsi qu'on pouvait le penser, les récoltes sont sensiblement égales pour chaque piège :

Pour 1 assiette d'un groupe de	3	....	1 117 Insectes
— 1	—	—	6 946 —
— 1	—	—	9 992 —
— 1	—	—	12 1 157 —

Mais, dans le détail, les résultats sont fort différents ; nous indiquons dans le tableau ci-après le nombre d'Insectes recueillis en ce qui concerne quelques unités biologiques les mieux représentées dans nos récoltes.

TABLEAU IX

Unités biologiques	3 pièges aux 4 m ²	6 pièges aux 4 m ²	9 pièges aux 4 m ²	12 pièges aux 4 m ²
<i>Cecidomyiidae</i> , total	94	141	174	282
soit par assiette	31	23	19	23
Diptères Thécostomates, total	175	305	401	766
soit par assiette	58	51	44	63
<i>Chalcidoidea</i> , total	495	773	1 540	2 333
soit par assiette	165	129	171	194
<i>Aphidoidea</i> , total	148	217	224	323
soit par assiette	49	36	25	26
<i>Meligethes viridescens</i> , total	113	118	137	167
soit par assiette	37	19	15	14
Thysanoptères, total	1 188	1 990	3 332	5 244
soit par assiette	396	331	370	437

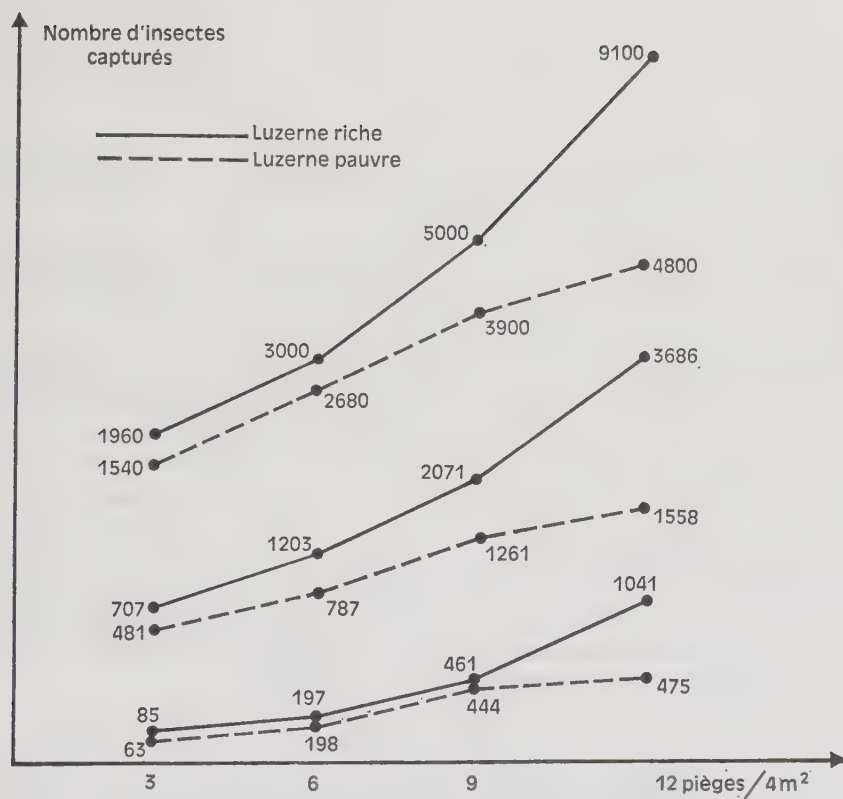


FIG. 3. — Trois expériences de piégeage en milieu végétal soit luxuriant, soit dégradé.

On voit, à l'examen de ce tableau que, pour importantes que soient les récoltes (près de 32 000 Insectes), lorsque l'on veut effectuer quelques calculs au niveau seulement de l'unité biologique, les chiffres sont souvent trop faibles pour que les résultats aient une valeur véritablement statistique. Que serait-ce donc si nous avions voulu travailler au niveau de l'espèce ? Il aurait fallu tabler sur au moins cinquante fois plus d'échantillons, ce qui aurait représenté la bagatelle de quelque 1 600 000 Insectes à trier.

Néanmoins, les tris ayant été effectués à des niveaux supraspécifiques assez homogènes quant au comportement de vol de leurs représentants, il ressort de ces chiffres quelques indications précieuses sur les populations entomologiques du biotope et tout particulièrement eu égard à leur abondance.

Il est évident que, si une unité biologique est bien représentée dans le milieu, la quantité de ces Insectes capturés, par assiette, sera approximativement toujours la même quel que soit le nombre des pièges à l'unité de surface (exemples : *Cecydomyiidae*, *Chalcidoidea*, *Thysanoptères*). Par contre, si la population est peu nombreuse, le nombre moyen d'Insectes capturés par piège sera d'autant plus faible qu'on aura disposé davantage de ces appareils à l'unité de surface (exemples : *Aphidoidea*, *Meligethes*). On peut se permettre de penser qu'il y aurait là peut-être un moyen d'apprécier assez aisément des « indices d'abondance » et peut-être la biomasse elle-même. Malheureusement, en ce qui concerne cette dernière valeur, on rencontre de grandes difficultés opératoires imputables aux éclosions et aux déplacements de la faune ; nous en reparlerons au chapitre 6 de la II^e partie.

De telles expériences permettent également d'apprécier la « richesse » entomologique de diverses parcelles. Nous avons disposé nos séries de 3, 6, 9 ou 12 assiettes (aux 4 m²) soit dans une parcelle dont la luzerne était jeune et vigoureuse soit dans une parcelle envahie d'adventices, ceci bien entendu aux mêmes jours, aux mêmes heures.

Dans la parcelle « riche » on peut augmenter le nombre des assiettes par unité de surface sans que le chiffre des récoltes se stabilise à compter d'un certain nombre de pièges. Dans la parcelle « pauvre », au contraire, à partir d'une certaine « intensité de piégeage », on ne peut plus récolter davantage d'Insectes que la population ne peut en fournir journallement (nous ne prétendons pas bien entendu capturer alors la totalité des Insectes présents, mais un certain pourcentage de ceux qui se sont déplacés pendant la durée de l'expérience). Nous donnons, à la figure 3, quelques exemples de ces captures.

Dans un contexte plus simplement faunistique, signalons qu'il y a toujours intérêt à disposer du plus grand nombre possible de pièges, en quelque sorte de véritables « barrages » d'assiettes. Si on fait le compte des diverses unités biologiques qui sont représentées dans nos récoltes, on peut dresser le tableau très expressif suivant :

TABLEAU X

Nombre d'assiettes aux 4 m ²	Nombre d'unités biologiques recensées
3	50
6	54
9	59
12	63

3 - TAILLE DES PIÈGES

Les résultats que nous donnons ci-dessous relèvent d'une série de piégeages ayant fourni une récolte de 4 373 Insectes. L'expérience a été réalisée avec des séries de trois assiettes jaunes, de même teinte et de même matière et de diamètres respectifs : 18,6, 15,6 et 12,6 cm, soit des surfaces correspondantes de 270, 190 et 125 cm².

Au cours des essais qui eurent lieu en août, septembre et octobre 1968, les récoltes globales ont été les suivantes :

Assiettes n° 1 (270 cm ²)	.....	2 276 Insectes
— n° 2 (190 cm ²)	.....	1 389 —
— n° 3 (125 cm ²)	.....	708 —

Si l'on fait le rapport des captures aux surfaces, on voit que les prises unitaires sont d'autant plus faibles que la taille est réduite :

Assiettes n° 1	.....	8,44 Insectes/cm ²
— n° 2	.....	7,31 —
— n° 3	.....	5,66 —

Le phénomène est encore plus net si l'on considère les diamètres, c'est-à-dire les largeurs d'espace aérien barrées par les pièges :

Assiettes n° 1	.....	122 Insectes/cm
— n° 2	.....	89 —
— n° 3	.....	56 —

En première approximation, les pièges les plus grands semblent donc être proportionnellement les plus rentables. Bien entendu ces conclusions ne sont valables que dans les limites des surfaces choisies et il serait intéressant d'étudier l'action de bacs de plus grandes dimensions. Il est d'ailleurs vraisemblable que ces conclusions resteraient valables, nous n'avons effectué que quelques essais avec des pièges de grandes tailles, ils ont été concordants.

Mais, il est également nécessaire ici d'étudier les résultats dans le détail. Par exemple, les captures sont à peu près proportionnelles à la taille du piège si l'on considère les Diptères Haplostomates, il n'y a alors pas de différences vraiment significatives entre les rapports captures/surfaces, bien que la tendance générale soit respectée :

Assiettes n° 1	.....	1,05
— n° 2	.....	0,98
— n° 3	.....	0,89

Par contre, en ce qui concerne le Chalcidien *Systasis encyrtoides*, les différences relatives sont notables (voir fig. 4).

Assiettes n° 1	.....	5,2
— n° 2	.....	4,3
— n° 3	.....	3,3

Tout ceci dépend évidemment de la manière dont le piège attire les Insectes, à savoir s'ils sont susceptibles de voir la tache jaune d'assez loin et alors d'autant mieux que la surface en est plus grande, ou bien s'ils ne sont capturés que s'ils survolent très exactement le piège. Dans ce dernier cas, c'est la notion de diamètre qui serait la plus importante puisqu'elle représente la grandeur d'espace effectivement « drainée ». Mais encore cela dépend-il de la façon dont les Insectes viennent voler au-dessus des pièges, soit qu'ils les survolent en droite ligne au cours de leurs déplacements, soit qu'ils tourbillonnent alentour.

4 - LE « VOL D'ATTAQUE » DES INSECTES SUR LES PIÈGES COLORÉS

Il est intéressant d'observer comment les Insectes se prennent aux pièges colorés, car cela est fort important à connaître pour leur mise en place dans la nature.

Pour cela la classique méthode visuelle reste et restera longtemps la meilleure. C'est ainsi d'ailleurs que Von MOERICKE observa les « vols d'attaque » des Pucerons sur les nappes de couleur qu'il posait au sol.

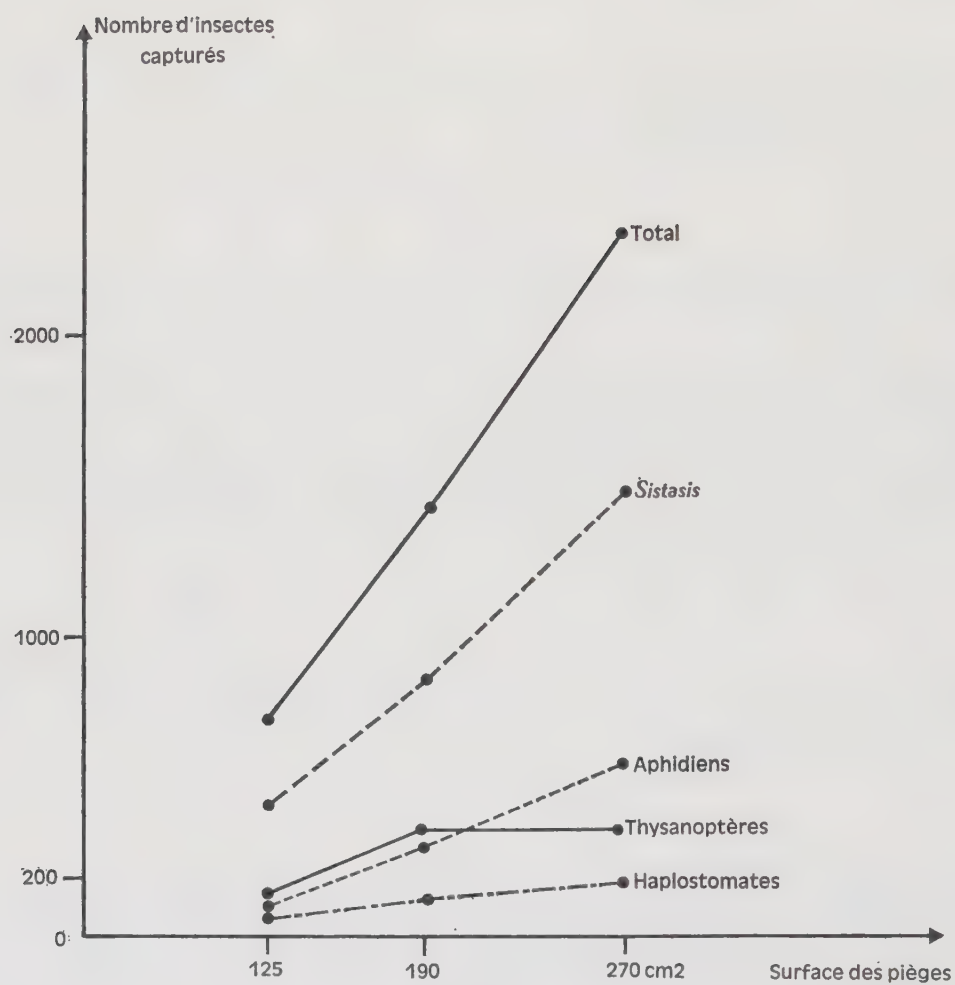


FIG. 4.

Il faut bien reconnaître que tous les Insectes qui survolent les pièges ne s'y posent pas. Il y a évidemment une question de vitesse du vol ; lorsqu'un Diptère, par exemple, passe très rapidement au-dessus du récipient, la réception de l'influx et la réaction au stimulus, si rapides soient-elles, ne peuvent infléchir à temps le vol vers le piège. On capture donc de préférence des Insectes voletant par « bonds », en quête de nourriture, ce peut être aussi bien d'ailleurs des *Calliphoridae* butinant des fleurs à l'instar des abeilles, ou des Thrips, et des *Sciaridae* voletant lentement au-dessus du sommet des tiges dans un perpétuel brassage de la faune.

La stimulation profonde et actuelle de l'Insecte joue aussi un rôle important. Nous avons déjà vu que des femelles d'Insectes parasites sont bien moins attirées que les mâles ; les hématophages, pas du tout. On peut observer également des Abeilles qui passent fébrilement d'une fleur à l'autre, récoltant pollen et nectar avec la précipitation que nous leur connaissons et qui, alors, peuvent survoler un plateau coloré sans être attirées le moins du monde. Par contre, lorsque l'Insecte réagit aux stimuli optiques de ces pièges, il le fait avec une extraordinaire brutalité. Les Diptères supérieurs, en particulier, plongent littéralement dans le liquide, « tels des boulets ». Cela ne ressemble en rien soit à l'approche timide d'une flaque d'eau, soit à ces vols rasants et rapides que certains effectuent en surface de l'eau ; c'est un plongeon brutal qui, d'ailleurs, pour beaucoup, ne laisserait aucune chance de ré-envol même si l'eau n'était pas additionnée de détersif.

Il nous est arrivé d'observer quelques Insectes, une *Syrphidae* en particulier, tombée dans des récipients remplis d'eau sans détergent, et dont le comportement était extrêmement curieux. L'Insecte « ramait » des six pattes, luttant contre la poussée du liquide qui le maintenait en surface, afin de gagner *le fond de l'assiette*. A la manière de ces Palmipèdes qui « piquent » brusquement dans l'eau, la mouche, tête première, tentait de rejoindre le fond jaune du récipient. Nous avons vu également un autre de ces Diptères qui, posé dans un récipient encore vide, est allé se poser sur une fleur de luzerne à quelque 30 cm de là, le temps que l'expérimentateur emplisse le récipient, pour ensuite s'y jeter, l'homme s'étant reculé de quelques pas.

Il serait extrêmement intéressant, par les méthodes de l'électrophysiologie, d'étudier la réception de tels stimuli. Quelles étranges motivations ont donc les couleurs sur les Insectes ?

Pour en revenir au vol d'attaque proprement dit, il est relativement aisé d'en étudier les modalités sans être tenu à n'effectuer que des observations visuelles.

Pour ce faire, nous avons fixé autour de certains de nos récipients jaunes des cylindres verticaux, transparents, de hauteurs diverses. Il n'est pas douteux que les rayons réfléchis, jaunes ou « blancs », ont été perturbés en traversant ces feuilles, néanmoins les Insectes se sont laissé capturer en grand nombre, 3 857 individus ont été ainsi récoltés et triés à l'occasion de cette expérience. Nous avons utilisé des cylindres de trois dimensions : dépassant de 2, 4,5 et 9,5 cm le rebord des assiettes.

Plus un Insecte est rapide et moins il est susceptible de voler sur place, davantage il devra se poser suivant un vol oblique et sera arrêté par la cloison. Si au contraire, l'Insecte est léger et peut voleter, il n'aura aucune difficulté à se poser « à la verticale », dans ces plateaux. L'analyse des résultats devrait donc permettre de définir assez bien la façon dont un Insecte se comporte en vol.

Il est curieux de constater qu'on observe alors un véritable regroupement systématique et qui peut, là encore, définir de véritables unités éthologiques.

Les Diptères Nématocères sont capturés dans chacun des pièges, en quantités sensiblement égales, quelle que soit la hauteur du cylindre (cas des *Cecidomyiidae*, *Chironomidae* et *Sciaridae*). Les Diptères plus évolués (les *Phoridae*, *Empididae* et *Syrphidae*, les Haplostomates et les Thécostomates : *Calliphoridae*, *Muscidae*, *Anthomyiidae*, *Sarcophagidae* et *Tachinidae*) sont très rapidement empêchés de se poser par les plus petites cloisons. Cela n'est sans doute pas surprenant puisque les morphologies de ces deux groupes de familles sont très différentes. Il y aurait peut-être à comparer ces types de vol à ceux des aéroplanes, les anciens

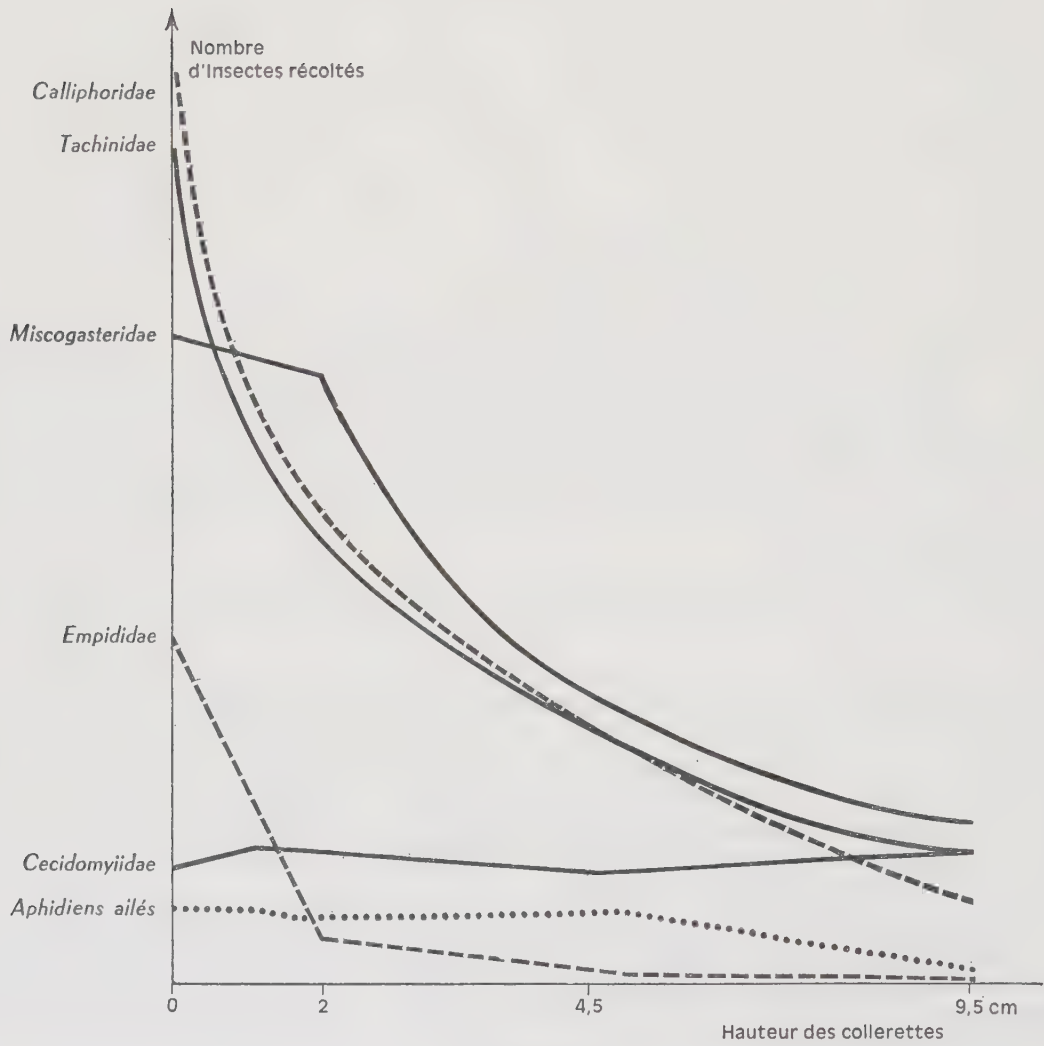


FIG. 5.

ayant une grande surface portante eu égard à leur masse, les plus récents une moindre portance avec, en compensation, une plus grande vitesse.

Dans le groupe des Insectes susceptibles de se poser « à la verticale », citons parmi les Homoptères, les Pucerons.

En ce qui concerne les Hyménoptères, les bons voiliers tels les *Apoidea* se posent suivant un plan de vol oblique ; mais les Térébrants ont un comportement bien différent : les *Proctotrypoidea* et les *Cynipoidea* ne sont aucunement gênés par les cloisons lors du vol d'attaque ; les *Ichneumonoidea* et *Chalcidoidea* ne sont pas empêchés de se poser par la plus petite collerette, mais deviennent rares dans les pièges ceinturés par les plus hautes cloisons.

Nous donnons, à la figure 5, quelques courbes de récolte par familles d'Insectes.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE ÉTHOLOGIQUE

le milieu végétal

Nos expériences ont toutes été faites dans la propriété des Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM à Bondy, dans une parcelle plantée en luzerne.

Du fait de la présence de nos appareils expérimentaux, cette culture ne pouvait être normalement traitée, et en particulier, les fauchaisons, qui sont les grands facteurs limitants de la pullulation des plantes adventices, n'étaient pas effectuées comme il aurait été souhaitable. Malgré une rotation parcellaire opérée deux ou trois fois l'an, nos piégeages se sont donc le plus souvent effectués dans un milieu végétal complexe qui ne méritait que peu le nom de luzernière. On ne s'étonnera donc pas de ne pas voir pulluler les hôtes classiques du champ de luzerne, tels *Contarinia medicaginis* et ses parasites (*Inostemma contariniae*, *Systasis encyrtoides*, etc.), les *Phytonomus*, les *Otiorhynchus*, etc.

Il faut rappeler d'ailleurs que le champ prospecté est un milieu suburbain. Ces sortes de « zones vertes », quelle que soit la végétation qui les occupe, sont essentiellement des refuges fauniques. Rarement alors le peuplement entomologique est caractéristique de la nature végétale, à l'inverse de ce que l'on peut observer dans les campagnes et certains Insectes que l'on pourrait s'attendre à voir pulluler sont rares, ainsi précisément *Contarinia medicaginis* qui ne s'est toujours trouvé qu'en faible nombre, même aux époques où notre luzernière était luxuriante.

Il n'est pas dans notre propos d'ailleurs de relier les espèces entomologiques et végétales de ce milieu, aussi n'indiquerons-nous que brièvement et à titre indicatif quelles sont les principales plantes adventices.

TABLEAU XI

Graminées	: Lolium perenne L.	4
	Agrostis alba L.	+
	Avena sativa L.	2
Composées	: Sonchus olearceus L.	1
	Sonchus asper (L.) Hill	1
	Picris hieracioides L.	+
	Cirsium arvense Scop.	bordures
	Artemisia vulgaris L.	3
Polygonacée	: Rumex acetosa L.	+
Chenopodiacee	: Chenopodium album L.	+
Crucifère	: Sinapis arvensis L.	+
Papilionacées	: Medicago lupulina L.	+
	Medicago sativa L.	3
Plantaginacée	: Plantago lanceolata L.	+
Rubiacee	: Galium verum L.	bordures

N.B. — Les chiffres représentent l'abondance-dominance notée de 1 à 5 ; le signe + indique la présence de l'espèce. (Relevé effectué vers la fin de l'été 1968.)

En ce qui concerne le microclimat, le champ de luzerne est un milieu particulièrement intéressant. La luzerne est une plante qui « couvre » énormément et crée, surtout au niveau de l'épigaïon, un microclimat très particulier. En profondeur, la lumière est très atténuée, l'air au repos, le sol plutôt sec (sauf par fortes précipitations), l'hygrométrie élevée. Une foule d'espèces obscuriphiles y trouve donc abri indépendamment de toute préférence alimentaire (ce qui n'est guère le cas dans un champ de blé ou de betteraves) ; il faut signaler en outre, que la luzerne est certainement aussi un aliment très convenable pour beaucoup de phytophages. Le champ de luzerne est donc un bon type de refuge faunique et l'on y rencontre, outre les Insectes qui lui sont inféodés, une foule d'espèces qui y trouvent un microclimat satisfaisant.

Dans l'épaisseur de cette masse végétale les conditions climatiques sont très « tamponnées ». On sait que le feuillage réfléchit une grande partie des radiations, mais il en absorbe aussi et les feuilles bien exposées au soleil présentent souvent un excédent de température par rapport à l'air ambiant (3 à 8 % pour les pommes de terre et les tomates, WAGONER et SHAW, 1952). Par contre, au-dessous du feuillage, ne parviennent que 5 à 20 % des radiations solaires avec un maximum, dans le visible, pour le vert et le jaune et, dans l'invisible, une quantité encore appréciable d'infra-rouge.

Quoi qu'il en soit, l'humidité sous-jacente s'évaporant lentement et absorbant pour cela des calories (570 à 600 par gramme), la température reste plus fraîche vers l'épigaïon. Par contre, la nuit, nous avons toujours enregistré des températures supérieures à celle de l'air ambiant, tout au moins à partir de la fin avril lorsque le sol commence à se réchauffer et irradie à son tour vers le haut.

Quant à l'hygrométrie, elle est toujours assez élevée et, même en été, elle est très appréciable. Nos appareils n'ont jamais indiqué moins de 70 %. BONESS a pu montrer que le gradient hygrométrique est : 90 % à la surface du sol et 80 à 10 cm pour 30 à l'extérieur de la végétation.

Ces phénomènes expliquent bien les micromigrations verticales dans l'épaisseur du végétal et c'est pourquoi il est très difficile, la nuit, de capturer les Insectes avec certaines méthodes telles que fauchoir, aspirateur ou sélecteur, la plupart s'étant réfugiés au sol. Le problème serait évidemment différent avec un sol nu, dans ce cas, les échanges thermiques nocturnes s'opèrent à la limite air-sol et il est vraisemblable que les Insectes qui passent la nuit dans un tel biotope ont plutôt tendance à se réfugier dans les crevasses ou sous les pierres.

Pour conclure cette brève étude du microclimat de luzerne, citons un facteur dont l'importance est grande (ainsi que nous le verrons plus loin) sur le comportement des Insectes : le vent. En profondeur, il est nul évidemment ; au niveau du sommet des tiges, il est loin d'atteindre les vitesses que nous mesurons arbitrairement en mésoclimatologie. Nous avons mesuré des vitesses de vent soit à 1,5 m du sol, soit au niveau du sommet des tiges ; bien entendu, la configuration du tapis végétal étant fort variée, les enregistrements à ce niveau le sont également, néanmoins on peut dire, qu'en moyenne, le vent est à ces endroits, trois ou quatre fois moins rapide qu'à 1,50 m du sol. Pour les vents faibles, les déplacements d'air sont même parfaitement nuls au niveau de la végétation, seules les risées s'y font épisodiquement sentir.

la faune entomologique

1 – INVENTAIRE SCHÉMATIQUE DE LA FAUNE

Ainsi que nous l'avons déjà souligné, la faune de notre champ de luzerne expérimental n'a rien de typique. En cet endroit, se sont réfugiées les espèces d'Insectes qui peuplaient les terrains cultivés et les arbres du vieux Bondy. Cette faune suburbaine présente deux différences fondamentales avec celle d'un quelconque champ de luzerne : 1) elle est riche et diversifiée, 2) les ravageurs classiques de la luzerne n'y pullulent absolument pas. On ne peut pas dire d'ailleurs que ces dernières espèces entomologiques n'ont pu parvenir jusqu'à notre parcelle, elles y existent bel et bien mais leur pullulation n'a pas pris l'importance de ce qu'on peut observer dans de semblables champs, en grande culture.

Il faut tenir compte, dans le schéma du peuplement de la relative distorsion que peut apporter le piège jaune, ainsi que cela se produit d'ailleurs avec tous les pièges, pour une raison ou pour une autre.

En ce qui concerne les Lépidoptères, les Rhopalocères sont peu nombreux dans le champ ; ils sont représentés essentiellement par les *Pieridae*, *Nymphalidae* (*Satyrinae*) et *Hesperiidae*. Ces deux dernières familles se laissent capturer aux pièges colorés. Si l'on compare les récoltes aux comptages par observation visuelle, on constate que le pourcentage des Insectes capturés par rapport à la faune lépidoptérologique voletante alentour des pièges est très variable d'un jour à l'autre et sans que nous puissions l'expliquer dans l'état actuel de nos travaux. Les *Pieridae* sont très rarement capturés sauf lorsque l'herbe est rase et les pièges au sol, que ce soit donc en début de saison ou après une fauchaison. Là encore il est très difficile de donner une explication ; signalons simplement que les pièges situés au niveau du sommet des tiges (et lorsque ces dernières sont assez hautes) capturent néanmoins quelques spécimens de *Pieris* s'ils sont cerclés d'une bordure vert tendre, c'est-à-dire d'une teinte assez proche de celle de jeunes pousses ou repousses.

Les Lépidoptères Hétérocères ne sont que très rarement capturés, même s'ils sont de mœurs diurnes comme par exemple certains *Geometridae*. Il arrive néanmoins que l'on récolte quelques *Tineoidea*. Il a donc été nécessaire, pour révéler la présence d'autres espèces, de faire du piégeage lumineux, car le fauchage n'est guère efficace à l'égard de ces Insectes. Le problème n'est alors pas résolu pour autant en ce sens que le piège lumineux capture de toute évidence des espèces venues des haies avoisinantes.

Les Coléoptères sont essentiellement représentés, dans les récoltes, par des espèces floricoles relevant de familles assez variées (*Staphylinidae*, *Oedemeridae*, *Mordellidae*, *Telephoridae*, *Malachiidae*, *Cucujoidea* tels que *Atomaria linearis* et *Meligethes viridescens*, *Ptiliidae*), mais on trouve aussi des *Chrysomelidae* *Halticinae*, *Curculionidae* (essentiellement *Sitona humeralis* et *Ceuthorrhyncus assimilis*) et *Apionidae* en nombre suffisant pour que l'on puisse

établir des courbes de pullulation. Il arrive également que des Adéphagiens soient capturés, surtout des *Pterostichidae*, *Elaphridae*... ; il est bien évident que ces Insectes doivent être préférentiellement comptabilisés par la méthode des pots de BARBER.

A l'encontre de ce que nous avons pu constater lors des piégeages en frondaison, en milieu herbacé les Hémiptéroïdes Homoptères et Hétéroptères sont bien représentés dans les récoltes aux pièges colorés, aussi bien qu'avec tout autre procédé. Beaucoup de familles sont représentées ; parmi les Hétéroptères, citons les *Tingidae*, *Lygaeidae*, *Capsidae*..., avec une très nette dominance d'*Anthocoridae* ; parmi les Homoptères, les *Cercopidae*, *Jassidae*, *Typhlocybidae*, *Psyllidae*, *Aleyrodidae*, quelques mâles de *Coccoidea*. Remarquons d'ailleurs que pour quelques-unes de ces dernières familles, les larves sont également abondamment récoltées en ce sens que leur aptitude au saut les prédispose à être plus aisément capturées par des récipients que d'autres formes larvaires.

Enfin les Aphidiens sont souvent récoltés en très grand nombre, les ailés surtout bien entendu, citons parmi les espèces les plus abondantes : *Brachycaudus helychrisi*, *Acyrtosiphon pisum* et *A. dirhodum*, *Aphis rumicis* et *A. fabae*, *Rhopalosiphum padi*. Mais à ce propos également, il y a une grande différence entre des captures en milieu herbacé et arboricole. En luzerne, les récipients jaunes sont en contact étroit avec la végétation, on peut même les y enfouir, alors on récolte tout aussi bien d'importantes quantités de pucerons aptères. Pour certaines espèces, on peut, devant l'abondance croissante de ces Aphidiens larvaires, prévoir l'apparition des premiers ailés migrants ou distinguer les périodes de maturité des virginipares, etc. (pour de tels Insectes aptères, l'échantillonnage ne peut bien entendu être considéré comme rigoureusement quantitatif).

Mais la grande masse des récoltes est représentée par les Thysanoptères, Diptères et Hyménoptères.

Les Diptères sont représentés par un grand nombre de familles. Au printemps, les Nématocères sont, toutes proportions gardées, plus abondants. On trouve des *Cecidomyiidae*, *Sciaridae*, *Chironomidae*, *Bibionidae*, *Scatopsidae* ; au mois de mai apparaissent les *Mycetophilidae*, *Ceratopogonidae*, *Psychodidae*. Par la suite, ces familles sont moins bien représentées, exception faite des *Cecidomyiidae* qui abondent jusqu'en septembre (avec bien entendu de profondes variations dans la distribution des espèces) et des *Chironomidae* qui pullulent plus particulièrement en juin-juillet.

Les Brachycères sont peu abondants en avril, la seule famille bien représentée est la famille des *Syrphidae*, encore n'est-elle représentée que par une espèce essentiellement : *Syrphus balteatus*. Les *Phoridae* apparaissent assez tôt également mais on n'observe de véritables pullulations qu'en juillet, puis en septembre. Parmi les autres familles, les *Stratiomyiidae*, *Dolichopodidae*, *Empididae*, *Pipunculidae*, *Lonchopteridae* ne sont bien représentés qu'à partir de fin juin.

Dès le premier printemps presque toutes les familles de Cyclorhaphes sont représentées, citons les *Calliphoridae*, *Muscidae*, *Tachinidae*, *Anthomyiidae*, *Sarcophagidae* et, parmi les Haplostomates, les *Ephydriidae*, *Cypselidae*, *Chloropidae*, *Agromyzidae*..., mais de véritables pullulations de ces Diptères supérieurs ne se produisent qu'en juin.. C'est à cette époque et pour une durée très brève que l'on peut récolter certaines familles d'espèces peu nombreuses telles les *Micropezidae*, *Sepsidae* et *Platystomidae*.

Les Hyménoptères sont particulièrement nombreux et la méthode des pièges colorés nous a permis de recueillir des espèces considérées comme rares en ce sens que les méthodes classiques les recensent rarement ; nous pensons, par exemple, aux *Proctotrypoidea* en général (et tout particulièrement aux minuscules espèces aptères), aux *Dryinidae*, aux *Bethylidae*... A l'exception des Apoïdes, au début du printemps n'apparaissent que les Térébrants, surtout des *Serphoidea* *Platygastridae*, des *Mymaridae* et des *Ichneumonoidea*. En juin, la faune se complète : *Tenthredinoidea*, *Vespoidea*, *Chalcidoidea*, diverses familles de *Serphoidea* telles les *Proctotrypidae*, *Ceraphronidae*... ; les *Pompilidae* ne se rencontrent plus particulièrement qu'en juillet et août. Ces deux mois constituent d'ailleurs l'époque où les Hyménoptères pullulent.

2 - QUANTIFICATION RELATIVE DES DIVERS GROUPES

Afin de quantifier ces divers groupes, tout au moins dans leurs importances relatives, nous nous sommes livrés à une étude chiffrée et bien entendu, effectuée à l'aide de pièges colorés, de pièges englués et d'aspirateurs afin d'éliminer, ou tout au moins de pouvoir tenir compte de la sélectivité de chacune de ces méthodes.

On observera ces résultats au tableau XII.

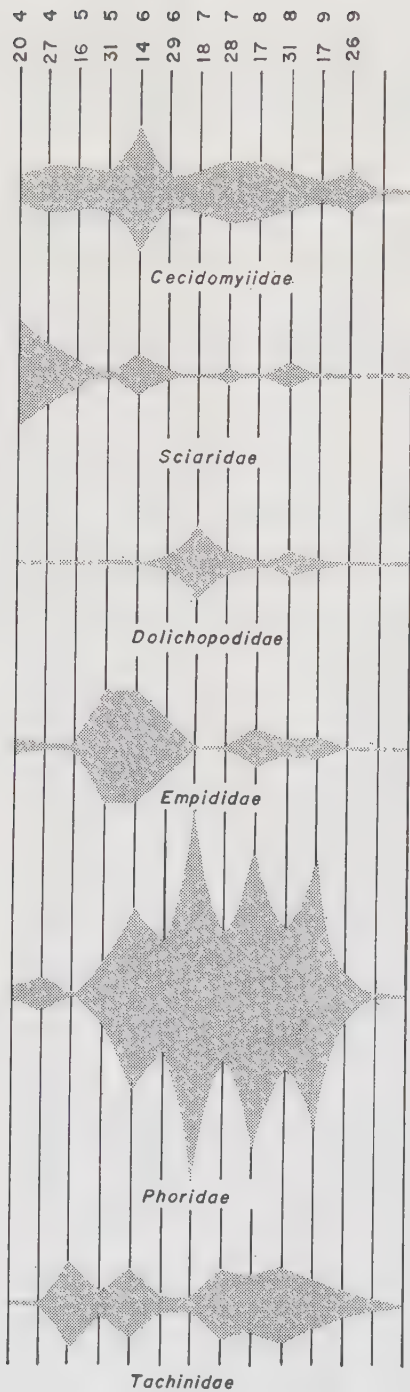
Il est bien entendu que de tels chiffres ne peuvent permettre de se faire une idée parfaitement exacte du peuplement, et font bien apparaître le peu de fidélité des pièges en tant qu'appareils d'échantillonnage. Pour ce faire, il faudrait faire appel aux « méthodes absolues », dont on connaît par ailleurs les difficultés d'usage.

Quoi qu'il en soit, lorsque l'on utilise ainsi concurremment divers procédés de capture et lorsque les résultats ne sont pas trop divergents, on peut avoir de la faune une idée finalement assez bonne, et c'était ici tout notre propos.

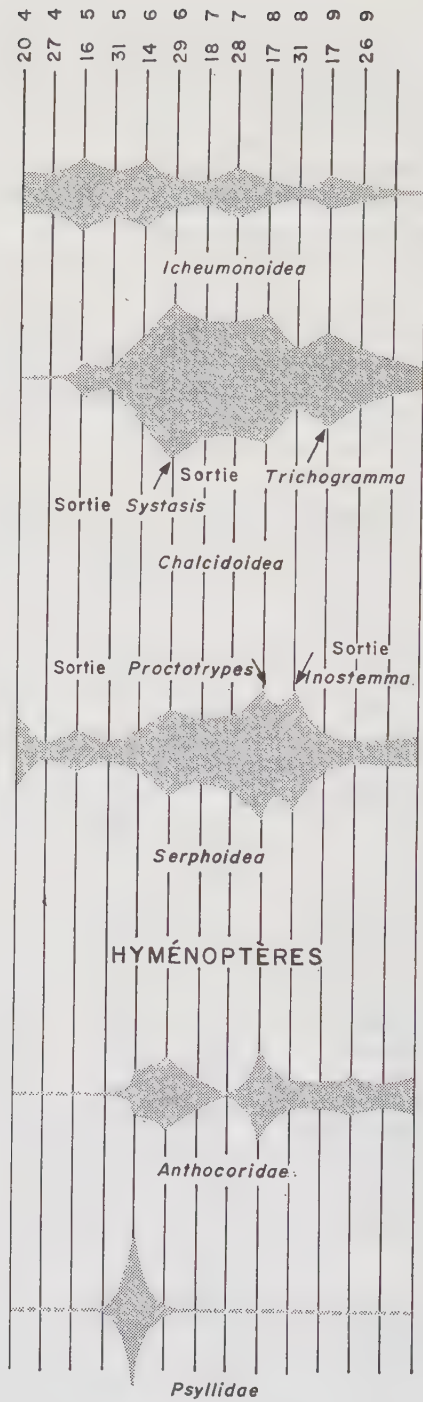
TABLEAU XII

Unités biologiques	Glu (%)	Aspi. (%)	Pièges jaunes (%)	Unités biologiques	Glu (%)	Aspi. (%)	Pièges jaunes (%)
Ichneumonoidea	2,5	3,2	2,5	Aphidiens ailés	11,5	20,3	23,4
Cynipoidea	0,08	0,1	0,5	Psyllidae	0,1	0	0,9
Chalcidoidea	5,2	9,2	4,8	Jass. Typhlocib.	0,05	1,7	0,8
Serphoidea	4,3	7,1	3,5	Delphacidae	0,08	0,07	0,1
Formicoidea	0,6	0,6	0,05	Cercopidae	0	0	0,06
Dryinidae	0,02	0	0,1	Capsidae	0,08	0,6	0,1
Chrys. Cleptidae	0	0	0,05	Anthocoridae	0,5	1,8	2
Pompiloidea	0	0,07	0,03	Tingidae	0,1	0	0,08
Vespoidea	0	0	0,3	Larves Capsidae			
Apoidea	0,05	2,5	1,3	et Anthocoridae	0	0	0,1
Tenthredinoidea	0	0	0,2	Larves Jassidae			
Total Hyménoptères	12,8	23,3	13,3	et Typhlocybidae	0	0	0,3
				Aphidiens aptères	0	0	1,3
Tipul. Limnobiidae	0	0,1	0	Total Hémiptéroïdes	12,5	24,7	28,6
Myceto. Sciaridae	21,5	11,2	1,3				
Cecidomyiidae	0,7	9	2,5	Psocoptères ailés	0,3	1	0,2
Chironomidae	1,2	2	0,4				
Ceratopogonidae	0,08	0,07	0,02	Carabiques	0,05	0,07	0,01
Scatops. Bibionidae	0,9	0,3	0,2	Staphylinidae	0,7	0,5	0,2
Stratiomyiidae	0,02	0	0,1	Mordellidae	0,1	0,2	0,08
Empididae	1,7	0,7	1,7	Meligethes	0,7	0,2	0,9
Dolichopodidae	0,5	0,8	0,6	Curculionidae	0,4	0,1	0,1
Lonchopteridae	0	0,07	0,09	etc.			
Syrphidae	0,05	0	1,1	Total Coléoptères	4,4	3,6	2
Phoridae	6,3	7,1	7,9				
Conopidae	0,08	0,2	0	Hétérocères divers	0,04	0,1	0,08
Pipunculidae	0	0	0,3	Thysanoptères	33	10	16
Haplostomates	3,4	4,5	6,3	Divers	0,3	0,6	0,5
Thécostomates	0,1	0,4	16,9				
Total Diptères	36,7	36,7	39,4		100	100	100

N.B. — Au cours de cette expérience, les récipients colorés étaient au niveau du sommet des tiges.



DIPTÈRES



HEMÉOPTÈRES

FIG. 6. — Époques de pullulation de certains groupes entomologiques recensés.

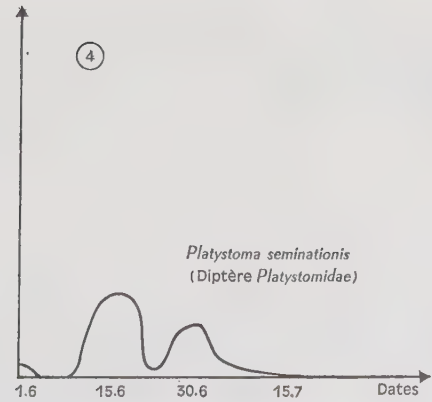
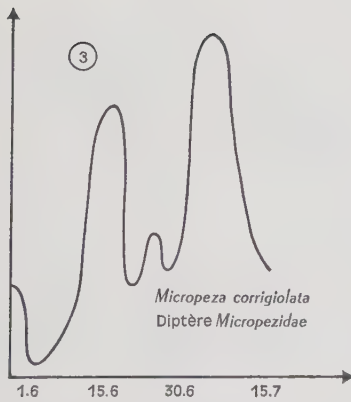
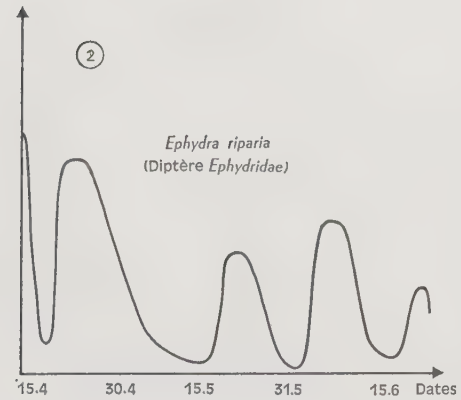
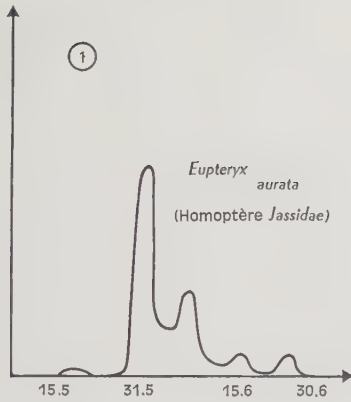


FIG. 7, 8, 9, 10. — Fluctuations de pullulation de quelques espèces caractéristiques d'une luzernière de Bondy.

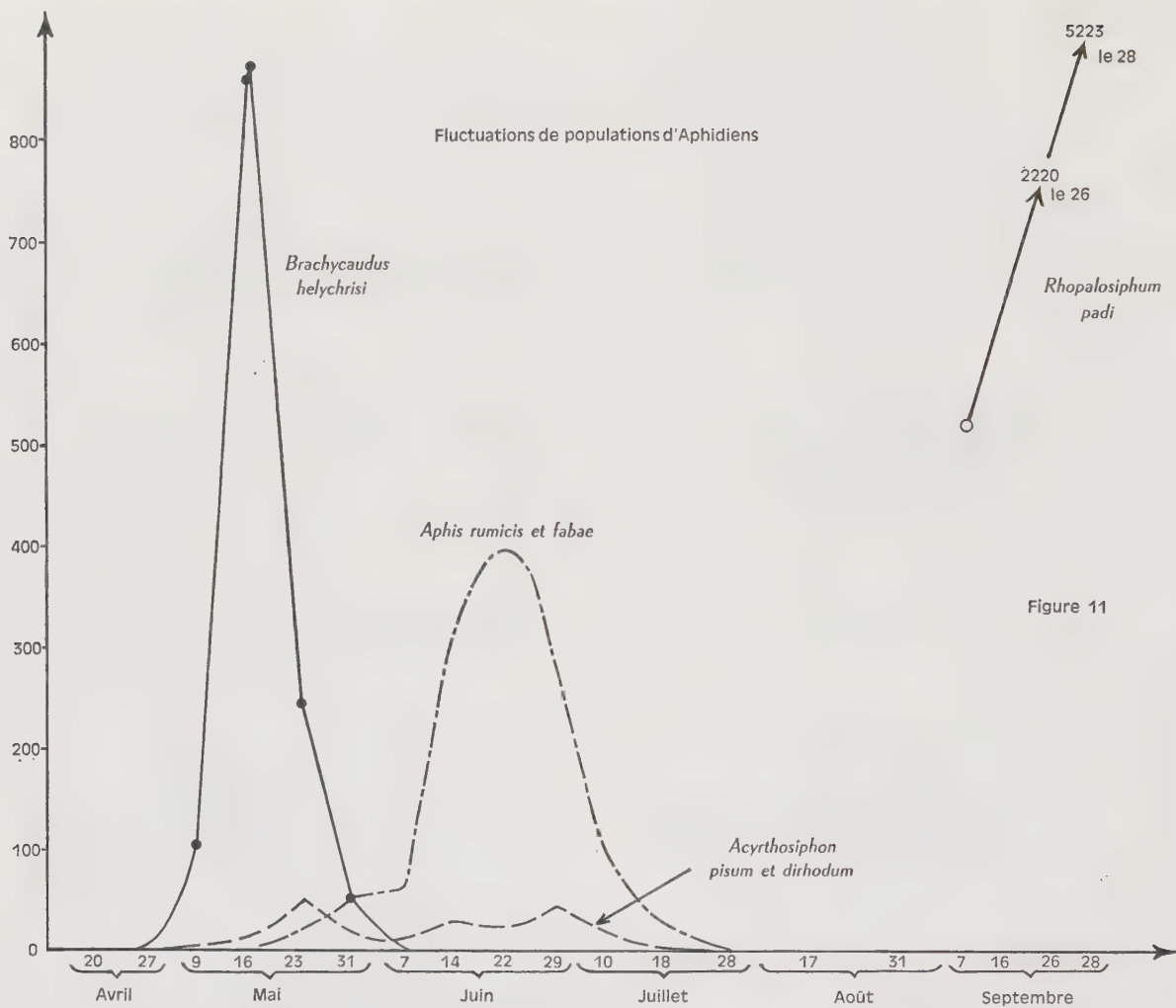


Figure 11

FIG. 11. — Fluctuations de populations d'Aphidiens.

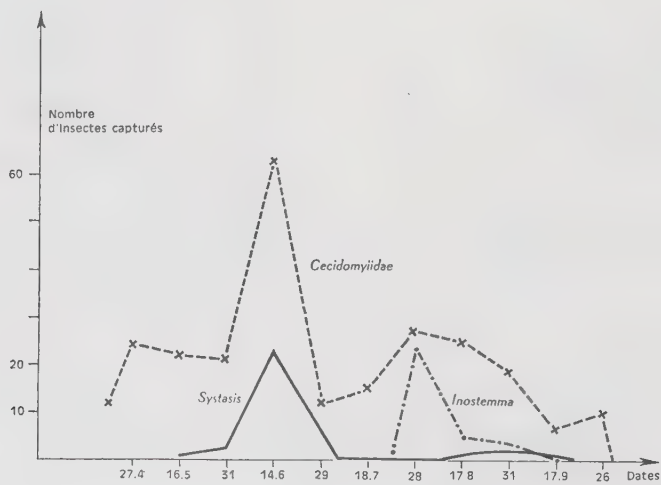


FIG. 12.

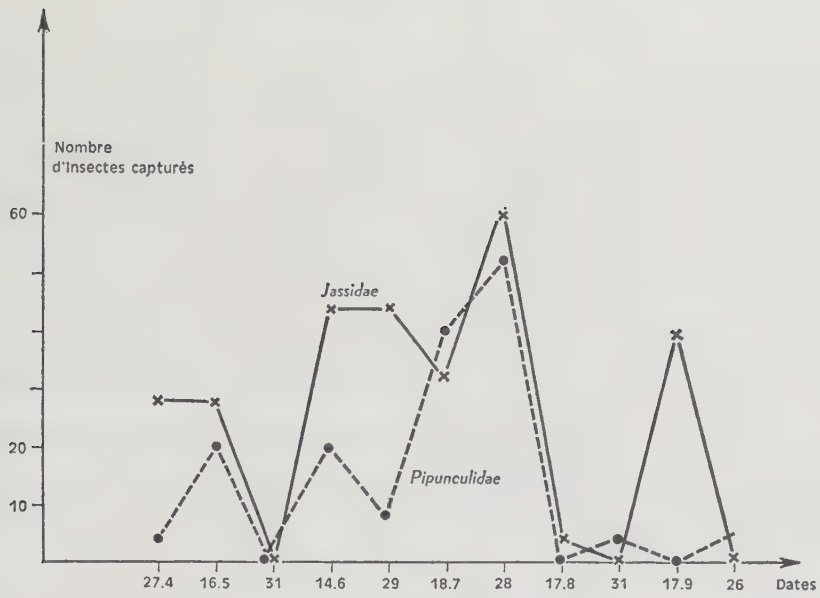


FIG. 13.

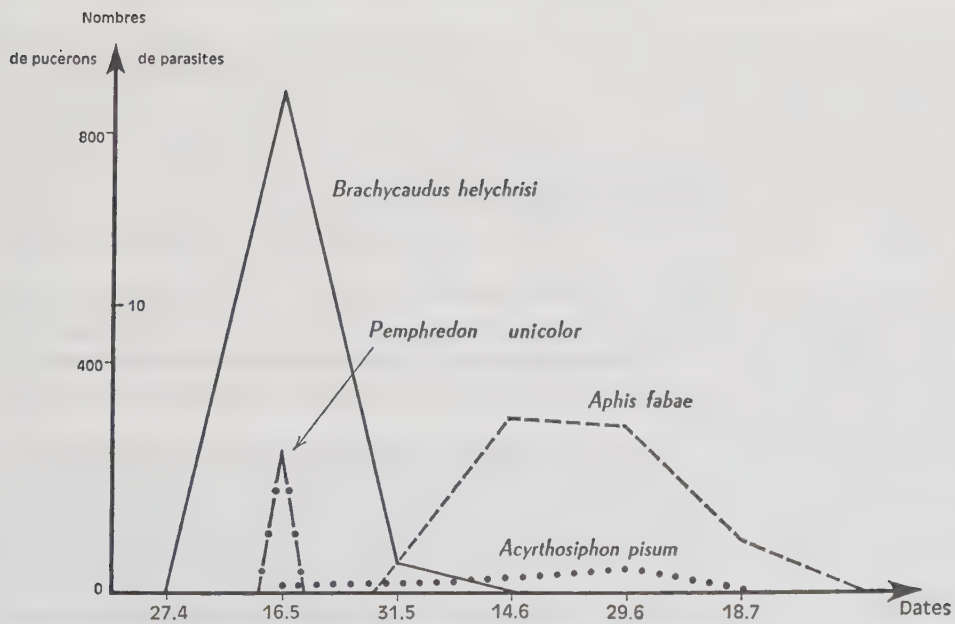


FIG. 14.

3 – ÉPOQUES DE PULLULATION

Enfin, pour ce qui est de présenter plus en détail des époques de pullulation des principaux groupes d'Insectes, nous en donnons la représentation graphique à la figure 6.

On y voit que les familles comportant de nombreuses espèces sont bien représentées tout au long de la saison, par contre, les familles spécifiquement peu diversifiées ont des époques de pullulation fort restreintes (*Psyllidae*, *Dolichopodidae*), ce qui est assez évident ; mais en ce qui concerne ces familles ou super-familles populeuses, chacun des pics ne signifie pas apparition d'une espèce nouvelle, il peut s'agir d'une deuxième génération, c'est donc bien souvent qu'il serait nécessaire de trier à l'espèce. Néanmoins, ces notions ne sont pas sans valeur au niveau même des unités biologiques. Pour ce qui est de la notion d'unité trophique, on voit par exemple, à la figure 6, que les *Dolichopodidae* et les *Empididae*, qui sont pour la plupart des prédateurs de petits Insectes, présentent des fluctuations de populations qui pourraient être qualifiées de complémentaires.

Aux figures 7 à 11, on observe les fluctuations de populations de certaines espèces bien caractéristiques de la biocénose étudiée.

Enfin, aux figures 12 à 14, on observera trois exemples de corrélations telles que nous avons pu les mettre en évidence.

4 – ÉTUDE DE LA RÉPARTITION SPATIALE

Les expériences que nous relatons ici ont été effectuées par beau temps, ni trop froid ni trop pluvieux, ce qui aurait « bloqué » l'activité de beaucoup d'espèces entomologiques.

a. STRATIFICATION DE LA FAUNE DANS LE MILIEU HERBACÉ.

Pour effectuer cette étude, nous avons donc placé des pièges colorés à différents niveaux, dans la luzerne. Le niveau D est représenté par des récipients jaunes enterrés au ras du sol, à la façon des pots de BARBER. Le niveau C se situe à 30 cm au-dessus du sol, ce qui correspondait à environ la moitié de la hauteur des tiges. Les assiettes du niveau B, situées 30 cm au-dessus encore, se trouvaient donc au niveau du sommet des tiges. Quant au niveau A, situé encore 30 cm plus haut, il intéressait cette faune *momentanément* en vol, que certains qualifient (bien à tort) d'aérienne et qui circule au-dessus de la végétation *lorsque le climat est propice*.

Les résultats sont d'ailleurs très intéressants au point de vue méthodologique car ils permettent d'apprécier la finesse de l'échantillonnage par plateaux colorés, ils permettent également de mieux préciser certaines données de l'agrobiocoénose de la luzerne déjà étudiées par CHAUVIN et par BONNESS à l'aide d'appareils d'ailleurs très différents (fauchoirs, pièges gluants, aspirateurs, sélecteurs).

14 476 Insectes ont été recueillis en 13 prises effectuées entre le 20 mai et le 11 juin 1965.

Nous indiquons dans le tableau ci-après le détail des captures pour quelques familles, super-familles ou ordres d'Insectes les plus représentatifs. L'abondance de quelques-uns de ces groupes est indiquée sous forme d'histogrammes, pour les différents niveaux, à la figure 15.

On remarque très bien, sur ce tableau, que la plupart des Insectes recensés se situent au niveau du sommet des tiges. C'est là que se rencontrent, en grande abondance, les Thrips (aîlés), les Aphidiens (aîlés), les Apoïdes, les Chalcidiens, la plupart des familles de Diptères. Au sol, ou vers le sol, se rencontrent bien entendu les Gastéropodes et certains Arachnides et, parmi les Insectes, les Collembolés, les Carabes, les Staphylinés, etc.

TABLEAU XIII

Unités biologiques	A	B	C	D	Unités biologiques	A	B	C	D
Diptères :					Hémiptères				
Sciaridae	21	36	38	42	Jassidae	6	9	32	20
Cecidomyiidae	39	78	33	12	Larves Jassidae	4	63	298	270
Ceratopogonidae ♂	10	29	2	0	Aphidiens ailés	242	843	366	47
Ceratopogonidae ♀	0	3	8	0	Aphidiens aptères	10	24	322	996
Chironomidae	14	21	0	0	Capsidae	0	3	0	1
Scatopsidae	14	14	5	0	Larves Capsidae	0	0	3	36
Therevidae	0	15	27	0					
Syrphidae	2	6	0	0	Dermaptères	0	0	0	27
Empididae	41	92	81	4					
Dolichopodidae	3	5	3	0					
Lonchopteridae	0	0	0	10	Larves diverses de :				
Phoridae	37	85	44	50	lépidoptères	0	2	7	16
Anthomyiidae	37	168	128	25	tenthredes	0	0	2	7
Sarcophagidae	20	99	173	0	carabiques	0	1	1	24
Calliphoridae	19	78	46	5					
Haplostomates									
Divers	428	547	106	68	Thysanoptères	718	2 273	471	98
Coléoptères :									
Carabidae	0	0	0	15	Collemboles :				
Curcul. (Sitona)	3	4	14	67	arthropléones	0	0	9	204
Ceuthorrhyncus	15	19	0	0	symphypléones	1	19	146	157
Cucujoides	2	6	8	75					
Malachiidae	0	12	2	0	Araignées :				
Oedemeridae	11	10	4	0	Salticidae	0	0	5	133
Telephoridae	4	2	17	6	Thomisidae	0	2	4	1
Coccinellidae	2	6	13	14	Diverses	25	20	1	32
Halticinae	4	9	12	1					
Staphylinidae	15	38	45	285	Acariens	3	8	5	182
Hyménoptères :									
Tenthredinoidea	5	6	3	0	Limaces et escargots				
Apoidea	256	431	155	0	(pour mémoire)	0	0	0	261
Sphecoidea	0	20	10	0	+ diverses familles				
Cynipoidea	4	6	2	4	peu représentées				
Ichneumoidea	18	66	155	0					
Chalcidoidea	24	50	40	26	TOTAL GÉNÉRAL	2 540	5 678	3 036	3 503
Serphoidea	28	69	94	77					
Chalcidien et									
Serphoïdes aptères	0	0	1	5					
Formicoidea	0	1	2	46					

Sans vouloir entrer dans le détail des familles, faisons quelques remarques d'intérêt général. Pour certains Insectes sciaphiles, il est bien évident qu'on les rencontre à tous niveaux, citons par exemple les Diptères *Sciaridae*, *Phoridae*, *Lonchopteridae*, *Scatopsidae*. C'est ce que BONNESS avait observé, plus particulièrement d'ailleurs à l'aide de pièges gluants, car en ce qui concerne les récoltes faites au filet fauchoir, il n'est pas douteux que les résultats ne doivent être retenus qu'avec une grande prudence. Les résultats obtenus par CHAUVIN à l'aide d'aspirateurs sont plus conformes aux nôtres. En effet, si BONNESS capturait les *Phoridae* essentiellement dans les zones proches du sol, CHAUVIN en récolte davantage au niveau du sommet des tiges, ce qui corrobore les captures faites aux pièges colorés.

En quelque sorte ces localisations expérimentalement démontrées correspondent assez

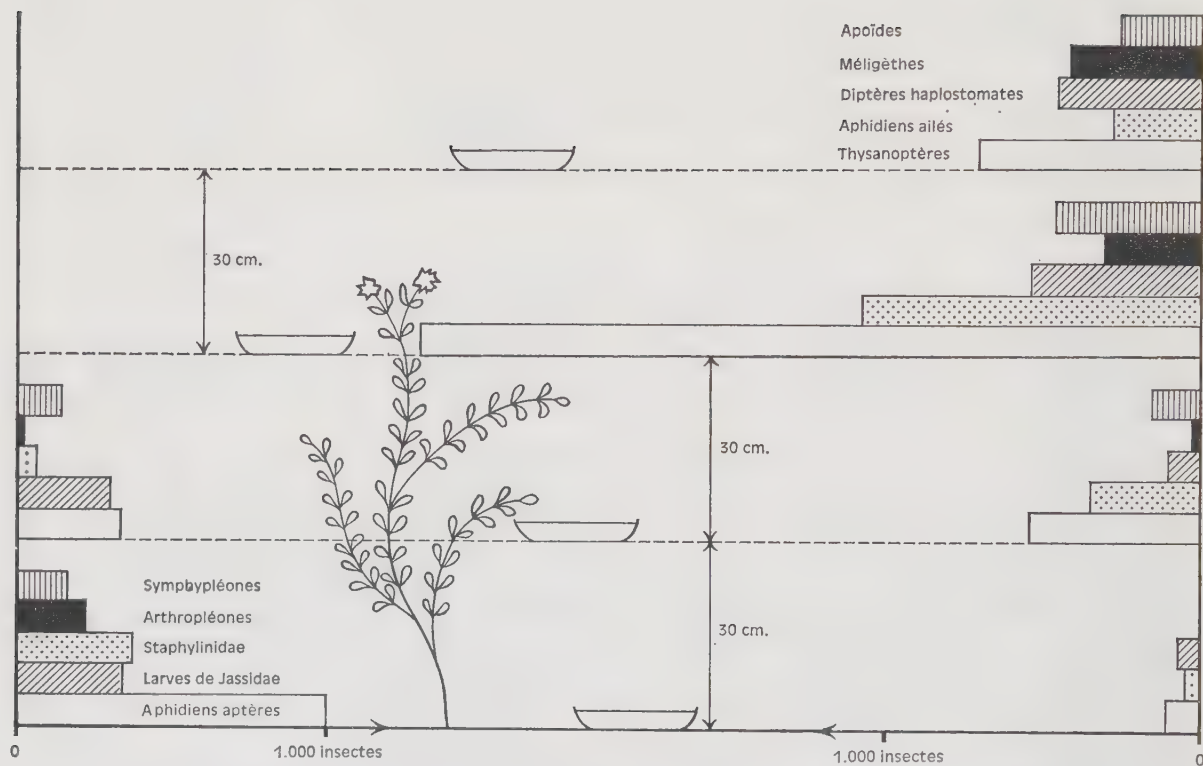


FIG. 15. — Répartition de l'entomofaune, en luzerne, à différents niveaux.

à ce que l'on pouvait attendre connaissant la biologie de tous ces Insectes. Mais si l'on considère les choses d'un peu plus près, on constate de plus fines divergences.

En ce qui concerne le stade évolutif, par exemple, on peut voir que si, d'une façon générale, les adultes fréquentent de préférence le dessus de la masse végétale, les larves restent le plus souvent sous le couvert¹.

Les Insectes prédateurs ou parasites fréquentent également le couvert, à la recherche de leurs proies sans nul doute et qui sont assez souvent des larves. Si, par exemple, des butineurs tels les *Apoidea* et les *Tenthredinoidea* demeurent vers le sommet des tiges, les *Ichneumonoidea*, *Chalcidoidea* et *Proctotrypoidea* se rencontrent jusqu'au niveau du sol et bien plus nombreux à mi-hauteur des plantes. Citons, parmi les prédateurs, certaines espèces de *Coccinellidae* : elles aussi fréquentent l'épaisseur du feuillage.

Ces considérations, au niveau de la famille ou de la super-famille sont, bien entendu, très générales. Il est des cas où si l'on détermine des individus à l'espèce, les comportements peuvent être divers. Par exemple, les *Curculionidae* du genre *Sitona* se récoltent en abondance au sol, en juin (ceci rejoint d'ailleurs les observations de BALOCH et LOSKA) alors que les *Ceuthorrhyncus* fréquentent essentiellement le sommet de la végétation ; c'est un exemple évidemment de cas où l'on ne peut parler d'unité éthologique.

Le sexe peut influencer également sur le comportement, nous en avons retenu un exemple, celui des *Ceratopogonidae*. Si les mâles, en général sont capturés au niveau du sommet des tiges, les femelles sont davantage représentées dans les récoltes effectuées à mi-hauteur de la végétation.

Remarque

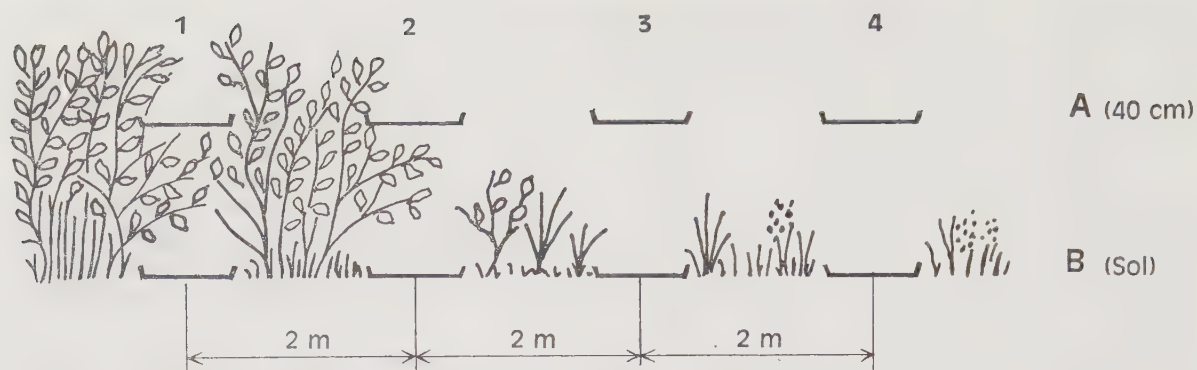
Signalons à ce propos que ces résultats sont intéressants d'ailleurs au point de vue méthodologique. Si l'on considère la position des différents pièges, on voit que seules les assiettes D sont suffisamment enfouies pour n'être visibles que de très près ; mais les assiettes C sont bien visibles pour les Insectes volant aux niveaux C, B et A, les assiettes B de ceux volant en B et A. Les différences énormes que l'on constate dans les captures aux divers niveaux et qui sont indiquées sur les histogrammes de la figure 15, ne peuvent donc s'expliquer que par une *action attractive à très courte distance*. Il faut considérer bien entendu la façon dont les rayons lumineux se réfléchissent et comment les Insectes abordent les pièges, etc., mais les résultats globaux montrent bien cette faible ampleur du milieu « drainé ». C'est ce qui fait l'intérêt de cette méthode qui permet donc de sérier, avec une bonne précision, des biotopes extrêmement limités. Nous n'affirmons pas évidemment que quelques Insectes des niveaux supérieurs n'aient pas été attirés par des pièges situés plus bas, néanmoins les différences de captures observées permettent de conclure que c'est essentiellement pour des raisons d'habitat que tel ou tel Insecte a été capturé en grand nombre en un endroit précis. Nous avons vu d'ailleurs que nos résultats se confirmaient bien souvent par la connaissance de la biologie et recoupaient ceux d'autres auteurs, en particulier de CHAUVIN qui avait opéré soit avec des sélecteurs soit avec des aspirateurs.

b. PROBLÈME DES LISIÈRES.

L'étude de la faune des lisières est complexe ; outre qu'en cet endroit se produisent des interférences entre deux peuplements, le microclimat bien particulier d'un tel biotope a son influence propre sur la composition et la répartition spatiale de la faune entomologique.

Beaucoup d'auteurs allemands (BONNESS, HEYDEMANN, SCHNELL, PRILOP) ont montré les profondes différences qui existent entre le milieu du champ et sa lisière. Ces auteurs ont montré que les lisières étaient faunistiquement plus riches et BONNES y dénombre générale-

1. En ce qui concerne l'abondance des jeunes Pucerons dans les pièges les plus bas (voir fig. 15), nous reviendrons plus loin sur ce détail.



	1	2	3	4
A	17	20	12	13
B	78	56	21	37

Sciaridae

A	106	34	31	18
B	21	16	0	0

Empididae

A	40	31	40	32
B	26	27	15	16

Phoridae

A	305	131	76	51
B	27	91	64	10

Calliphoridae

A	52	48	36	56
B	0	0	8	3

Apoidea

A	6	5	2	0
B	0	0	1	2

Tenthredinoidea

A	124	61	41	49
B	41	28	17	19

Chalcidoidea

	1	2	3	4
A	32	31	33	16
B	109	77	42	27

Serphoidea

A	318	355	163	202
B	33	44	16	45

Aphidoidea (aîlés)

A	6	21	0	0
B	263	75	34	66

Aphidoidea (aptères)

A	13	7	4	3
B	13	32	53	49

Jassidae

A	2	8	1	1
B	23	72	121	55

Jassidae (larves)

A	1 375	1 170	517	640
B	70	84	71	58

Thysanoptères

	1	2	3	4
A	0	0	0	0
B	53	128	81	70

Salticidae

A	159	42	35	56
B	10	0	14	0

Meligethes

A	23	7	19	16
B	0	0	1	2

Oedemeridae

A	46	34	34	29
B	2	2	0	0

Ceutorrhynchus

A	0	0	0	0
B	28	21	12	8

Sitona

A	0	0	0	0
B	4	1	4	1

Caraboidea

A	0	7	6	2
B	89	16	19	13

Staphylinidae

FIG. 16.

ment de 1,5 à 4 fois plus d'individus par groupe recensé que dans l'intérieur du champ de luzerne, exception faite d'ailleurs des Thysanoptères, Cicadelles et Aphidiens. Mais il faut prendre beaucoup de précautions pour faire de telles mesures car on doit tenir compte de l'hétérogénéité du champ, de l'exposition de la lisière, de sa composition floristique et de la nature spécifique des Insectes étudiés puisque nous avons vu que deux *Curculionidae* par exemple (*Sitona* et *Ceuthorrhyncus*) pouvaient avoir des préférences différentes, même opposées. Si l'on considère la lisière d'une luzerne et d'une friche, il n'est pas du tout certain que cette lisière se révèle très riche, pis encore si elle est par exemple exposée au nord. Évidemment, il s'y rencontre deux peuplements mais qui souvent ne se surajoutent pas purement et simplement, ne serait-ce qu'en raison de la compétition alimentaire. Ce qu'il faut surtout comprendre, c'est que la lisière est un lieu plus aisément prospecté par les Insectes, dans sa totalité, c'est-à-dire que les héliophiles ne se limiteront pas uniquement à la zone supérieure de la végétation et descendront vers le sol rejoindre les sciaphiles. Ceci est plus particulièrement net encore en forêt. Sous les frondaisons la faune se limite à quelques espèces qui apprécient ce biotope et la plupart des Insectes demeurent dans le haut du feuillage. En lisière, cette masse d'Insectes « s'écoule » vers le sol pour rejoindre la faune des plantes basses (à l'exception bien entendu des espèces typiquement arboricoles) et c'est pourquoi le chasseur d'Insectes (qui ne peut guère prospecter le haut des frondaisons) opère en lisière ses plus belles récoltes.

En milieu herbacé, il n'en n'est pas toujours ainsi, et tout particulièrement lorsque la lisière est un terrain de transition avec un milieu plus pauvre. Simplement, ainsi que nous venons de le signaler, on recueille alors au niveau du sol des Insectes qui se tiennent habituellement, dans la luzerne, au niveau du sommet des tiges. C'est ce que l'on peut observer à la figure 16, dans laquelle nous indiquons quelques chiffres de récolte pour des groupes d'Insectes particulièrement caractéristiques.

On ne peut donc guère préjuger de la composition de la faune d'une lisière si l'on n'étudie pas au préalable son climat et sa composition floristique. Mais ce n'est d'ailleurs pas l'aspect statistique de la faune des lisières qui présente le plus d'intérêt, mais son aspect dynamique. Les migrations pré-hivernales ou printanières des Insectes sont particulièrement intéressantes. La moitié de ceux qui hivernent à l'état d'adultes quittent le champ à l'hiver, généralement pour se réfugier dans des haies, c'est le cas des Chrysomèles, de certains Hyménoptères ; les Coccinelles, dans certaines régions, se dirigent en grand nombre vers des zones refuges (le plus souvent d'ailleurs particulièrement froides). Beaucoup de *Curculionidae* restent dans le champ même, dans le sol ou les débris végétaux. Pour l'étude de ces migrations il ne faut pas négliger surtout l'emploi des pots de BARBER car une grande partie de ces Insectes, même lorsqu'ils sont ailés, se déplacent à la marche. LEPOINTE (*in litt.*) avait d'ailleurs montré que la « colonisation » d'une frondaison préalablement défaunée se faisait davantage à la marche, par le tronc donc, qu'au vol.

c. PROBLÈME DES CLAIRIÈRES.

Nous avons vu que beaucoup d'Insectes, exception faite d'espèces bien particulières ou de migrants, répugnaient à s'écarter de la végétation et qu'il existe, en quelque sorte, une *strate riche en Insectes qui épouse le relief végétal*. Afin de vérifier s'il existe ainsi, chez ces Arthropodes, ce que l'on pourrait appeler en quelque sorte de l'*agoraphobie*, nous avons tenté quelques essais de capture à l'aide de pièges isolés de la végétation.

Nous avons donc utilisé des récipients posés, soit sur des portoirs isolés au milieu de petites clairières taillées dans la luzerne, soit sur des plateaux circulaires d'assez grand diamètre, faits de bois, de tulle vert et de plastique incolore.

L'expérience des clairières a donné des résultats parfaitement déconcertants quant à l'hypothèse de travail ; nous indiquons dans le tableau ci-dessous, les chiffres globaux des récoltes (au total, 7 088 Insectes).

TABLEAU XIV⁽¹⁾

Total des Insectes capturés	Diamètre des clairières en centimètres				
	Piège de référence	40	60	100	160
7 088	1 177	1 365	1 336	1 441	1 769

Il faut tenir compte évidemment de l'hétérogénéité du champ, il est néanmoins surprenant que la progression des récoltes soit aussi rigoureuse. Ceci laisse donc à penser que, dans ces conditions, le piège, bien dégagé, bien visible, a été d'autant plus efficace. Mais ces clairières étaient au demeurant assez petites, rappelons qu'un plateau isolé loin de tout refuge végétal ne capture pratiquement rien sinon quelques erratiques.

Il faut d'ailleurs entrer dans le détail des espèces. C'est ici fort simple : pour la plus grande part des insectes recensés, il n'y a pas de différences significatives entre les récoltes des divers pièges quel que soit le diamètre des clairières.

Par exception, d'une part Pucerons et Thysanoptères ont été recueillis en plus grand nombre au centre des clairières les plus larges, d'autre part les représentants de quatre familles de Diptères (les *Stratiomyidae*, *Empididae*, *Dolichopodidae* et *Syrphidae*) sont d'autant moins récoltés que les clairières sont plus vastes.

Par contre, les Insectes présentent une plus grande répugnance à s'aventurer au-dessus de substrats inhabituels. Les quelques expériences effectuées à ce propos ont été trop brèves pour que les chiffres des récoltes aient une bonne signification (3 527 Insectes), nous les donnons néanmoins à titre indicatif :

TABLEAU XV

Total des Insectes récoltés	Diamètre des plateaux de bois en centimètres			
	0	40	60	80
	1 162	629	338	390
en particulier :				
Sciaridae	10	5	2	4
Cecidomyiidae	19	9	13	4
Scatopsidae	11	3	2	3
Empididae	35	5	5	3
Phoridae	23	7	8	2
Anthomyiidae	24	22	8	5
Tachinidae	16	8	3	4
Calliphoridae		16	5	3
Meligethes	62	7	0	1
Apoidea	54	18	7	1
Ichneumonidea	11	4	6	2
Chalcidoidea	13	3	4	5
Proctotrypoidea	10	14	13	9
Aphidoidea	223	131	61	38
Thysanoptères	371	169	88	84

1. Les récipients placés au milieu de ces clairières mesurant environ 20 cm de diamètre, les distances des plantes-hôtes les plus proches au rebord de ces pièges ont donc été respectivement de 10, 20, 40 et 70 cm.

On observe donc un abaissement brutal des chiffres de capture dès l'utilisation des plus petits des plateaux de bois. Il s'agit donc davantage ici d'une répulsion provoquée par la nature artificielle des plateaux de bois que d'une répugnance des Insectes à s'écarter de la végétation.

C'est pourquoi nous avons repris ces expériences avec deux autres sortes de matériel, soit du tulle vert ne modifiant pas (théoriquement) la couleur générale du substrat, et laissant en outre filtrer la chaleur et l'humidité, soit une nappe de plastique transparent laissant percevoir nettement la végétation sous-jacente mais modifiant profondément le microclimat. Dans les deux cas le diamètre de ces nappes circulaires était de 2 m. Des récipients jaunes étaient disposés au bord, au centre et à mi-distance du rayon.

Pour une dizaine d'essais, les récoltes ont été, *par récipient* :

TABLEAU XVI

	Nombre d'Insectes capturés par récipient		
	Au bord	A mi-distance	Au centre
Tulle	305	120	148
Plastique	196	129	110

Il est donc ici très difficile de se prononcer. La seule conclusion possible est que, dans un cas comme dans l'autre, les Insectes ont volé nombreux autour des nappes et présenté quelque répugnance à les survoler, mais sans que cette répulsion soit très impérative, beaucoup moins en tous cas qu'en ce qui concernait les plateaux de bois.

analyse éthologique

MÉTHODES UTILISÉES POUR CETTE ÉTUDE ET RÉSULTATS GLOBAUX

Le lien général qui unit nos expériences est le souci de savoir comment vivent les Insectes dans la nature, donc quelles actions peuvent avoir sur leur comportement les facteurs abiotiques du milieu. Il n'est pas dans notre propos, bien entendu, de les étudier tous ; certains peut-être sont encore inconnus de la science, il n'y a pas si longtemps (1963) que LEPOINTE, par exemple, a montré (*in litt.*) l'importance du gradient du potentiel électrique de l'air sur la localisation des Insectes. Les principaux facteurs que l'on peut considérer sont, par exemple, l'ensoleillement, le vent, la pluie... ainsi, bien entendu, que la température et l'hygrométrie. Mais il faut bien remarquer que, depuis le perfectionnement de nos appareils de mesure, ces deux derniers facteurs ont beaucoup perdu de l'importance qu'on leur accordait. En effet les mesures mésoclimatiques sont en définitive d'un intérêt assez quelconque en matière d'Écologie et il est bien évident que beaucoup d'Insectes trouvent à se réfugier, lorsque les conditions ambiantes sont défavorables, dans des microbiotopes dont le « climat » est extraordinairement différent de celui que l'on caractérise avec les appareils classiques.

Dans le cas qui nous préoccupe nous avons vu d'ailleurs à quel point le champ de luzerne, plante bien « couvrante », pouvait être un excellent refuge faunique, aux conditions bien « tamponnées » et favorables à de nombreuses espèces. Dans beaucoup de cas donc les Insectes n'ont pas, si l'on peut dire, à se « soucier » de l'hygrométrie. Pour ce qui est de la température, elle joue un rôle certain dans l'activité des Insectes et l'on sait que cette activité croît avec ce facteur (jusqu'à un optimum évidemment) ; mais ce qui détermine en définitive l'activité d'un Insecte est sa *température interne* et, dans les pays tempérés, il faut compter au moins autant avec l'irradiation solaire qu'avec la trop classique « température de l'air sous abri ». Tout objet exposé au soleil est évidemment bien plus chaud que l'air ambiant et le déclenchement de l'activité des Insectes est très lié à cette chaleur radiante ; il y a bien sûr une corrélation entre les deux facteurs ainsi que le montre la figure 17 que nous empruntons à J. R. LE BERRE (1953) et qui représente schématiquement les pourcentages d'envol de doryphores en fonction de la température maxima sous abri et de la durée d'insolation journalière.

Dans les paragraphes suivants, nous allons donc analyser l'influence de l'ensoleillement et du vent sur le comportement des Insectes, en général, puis nous étudierons plus en détail l'activité de quelques groupes de ces Arthropodes.

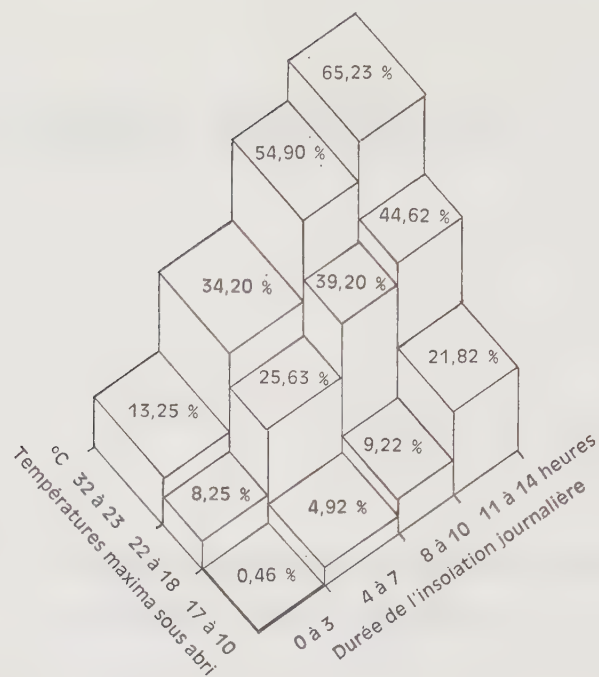


FIG. 17. — Représentation schématique des pourcentages d'envols observés dans les cages à Quéron, en fonction de la température maxima sous abri et de la durée de l'insolation journalière (d'après LE BERRE, 1963).

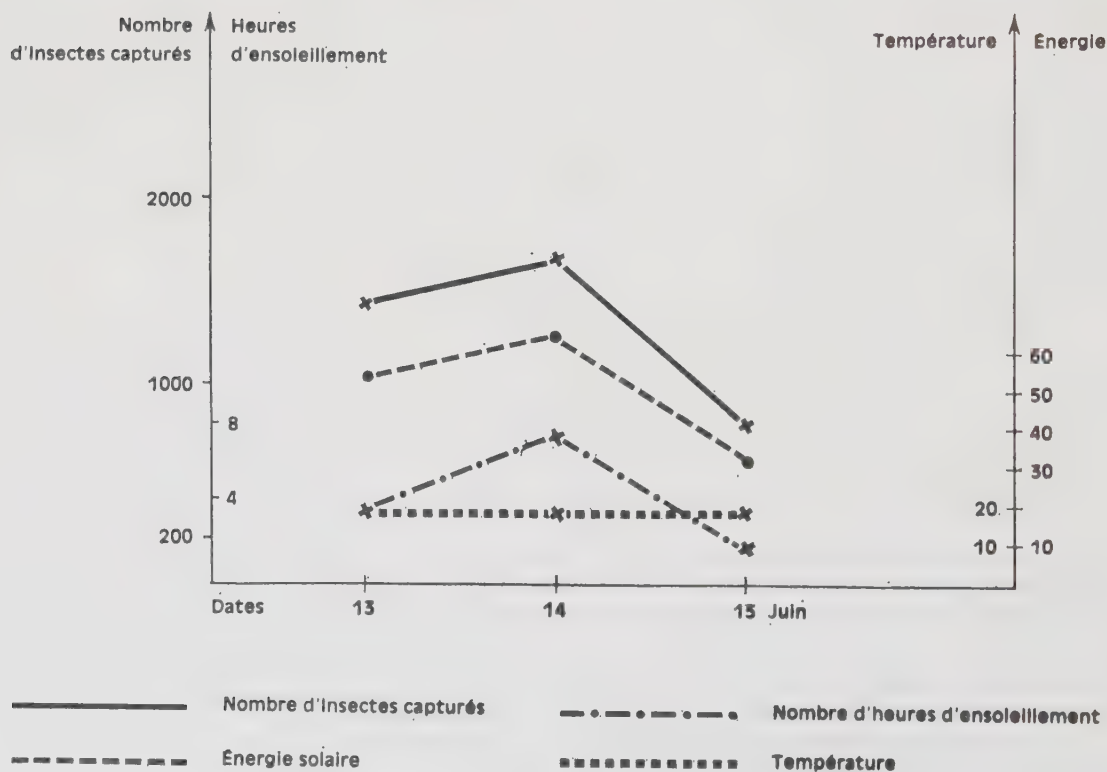


FIG. 18.

1 – INFLUENCE DE L'ENSOLEILLEMENT SUR L'ACTIVITÉ DES INSECTES

Ainsi que nous l'avons exprimé, un piège capture d'autant plus d'Insectes que ceux-ci se déplacent davantage et ceci n'est pas uniquement spécifique, c'est aussi un phénomène général lié au climat du moment. Ce grave défaut qu'ont les pièges de déformer l'échantillon qu'ils procurent est en tous cas présentement utile dans la mesure où il va nous permettre de montrer l'influence des conditions ambiantes sur le comportement des Insectes. Nous allons considérer d'abord les échantillons du peuplement dans son ensemble, pour examiner les choses plus en détail dans le paragraphe suivant. Pour échantillonner, nous avons utilisé les pièges jaunes. Pour apprécier le climat du moment, nous avons considéré trois facteurs (qui sont évidemment liés) : la température, la durée de l'ensoleillement et la quantité de calories irradiées par le soleil, ce dernier paramètre ayant été mesuré à l'aide d'une pile de MOLL.

Les conclusions que l'on peut en tirer sont toujours un peu aléatoires et pour plusieurs raisons. Tout d'abord nous sommes amené à comparer des journées différentes, or, d'une journée à une autre, la faune entomologique peut évoluer d'une façon telle que les résultats soient déconcertants ; une espèce, par exemple, peut « exploser » et les chiffres de capture augmentent alors que l'ensoleillement est moins intense et inversement parfois. D'autre part, si l'on compare l'ensemble des Insectes récoltés, on utilise une valeur de nature hétérogène ; si, au contraire, on ne veut distinguer qu'une espèce, il faut alors récolter les Insectes par centaines de milliers ou par millions afin que cette espèce-là soit représentée (au moins journalièrement) par quelques dizaines d'individus.

Nous tenterons néanmoins de démontrer l'influence de l'ensoleillement sur la capture soit de groupes, soit d'espèces. La précaution élémentaire qu'il faut prendre est de ne jamais comparer que deux, parfois trois, journées consécutives, en espérant que la faune n'a guère évolué ni qualitativement, ni quantitativement en un aussi petit laps de temps.

Considérons donc le tableau XVII et la figure 18 (qui illustre les dernières lignes de ce tableau).

Si l'on considère les nombres globaux d'Insectes capturés par jour et les températures et degrés hygrométriques correspondants, on voit qu'on ne peut guère tirer de conclusions ; parfois les variations de la température et de la quantité de capture vont dans le même sens, parfois, à l'inverse, l'hygrométrie ambiante paraît sans effet. Si l'on considère, par contre, soit la durée de l'ensoleillement, soit (surtout) l'énergie solaire dispensée, les rapports sont beaucoup plus nets, en particulier si l'on fait le quotient du nombre des Insectes capturés à la quantité d'énergie radiée, on observe une constance assez remarquable des résultats. Il y a, bien entendu, une relation entre Nombre d'heures d'ensoleillement et Énergie radiée ; les moins bons résultats que l'on obtient en utilisant le premier paramètre sont imputables au fait que sa mesure est plus grossière, mal quantifiée. Par ce procédé, le rayonnement d'un ciel « couvert » peut définir un ensoleillement nul alors que suffisamment de radiations atteignent le sol pour mobiliser les Insectes. Les mesures avec les solarimètres à pile sont donc infiniment préférables.

Il est évidemment très difficile d'obtenir des corrélations parfaitement quantifiées ; pour ce qui est de la mesure de l'énergie solaire, les matériels sont excellents, c'est l'échantillon entomologique qui est aléatoire, surtout rarement suffisamment grand pour avoir une valeur statistique. Quoi qu'il en soit, l'enregistrement concomitant des données climatiques permet d'éviter de grosses erreurs d'interprétation des fluctuations des courbes de captures et ceci est important, rappelons-le, *quel que soit le piège utilisé* (cf. : Populations actuelles et populations opérationnelles).

Lorsque le ciel est très couvert et que même il pleut, les captures d'Insectes sont extrêmement faibles *quel que soit le moyen qu'on emploie* ; on voit bien par exemple, à la figure 19,

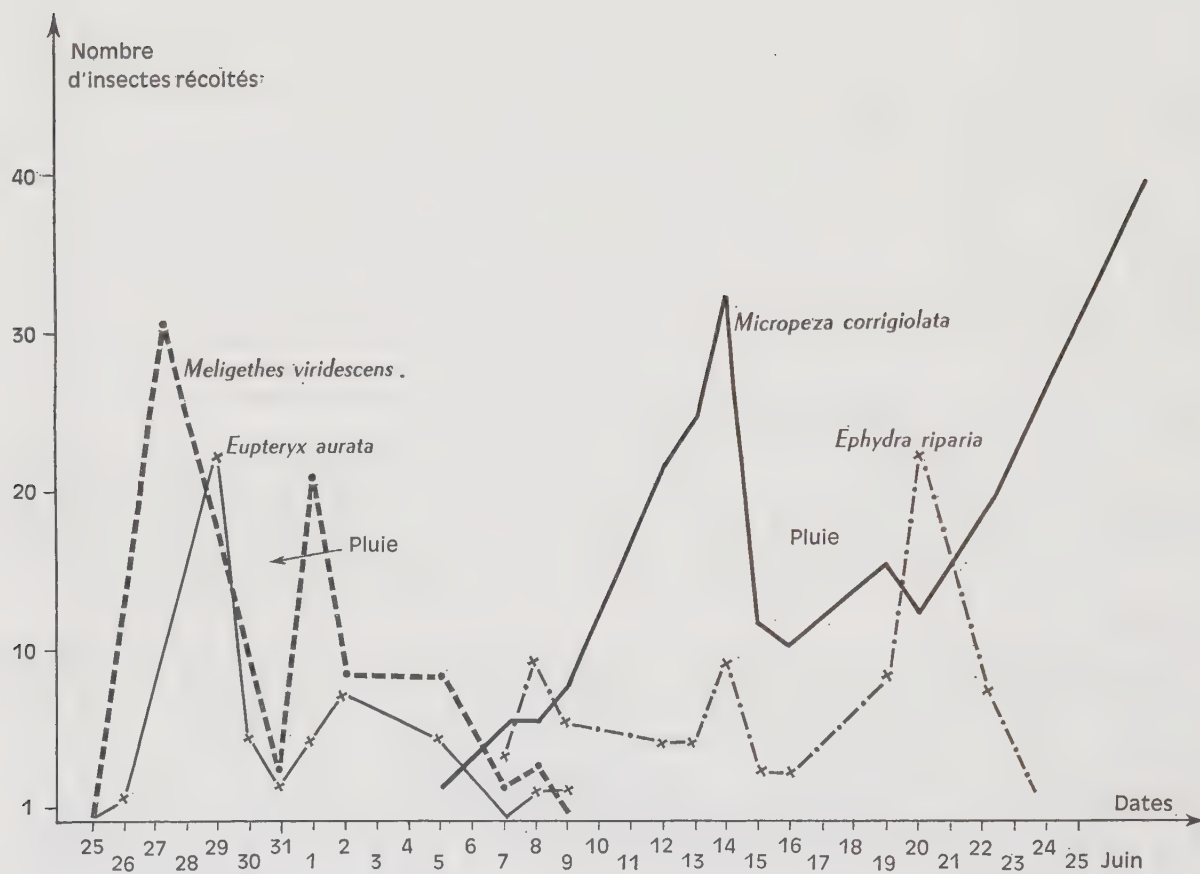


FIG. 19.

TABLEAU XVII

Comparaison de quelques captures journalières eu égard au climat local du moment.

Dates	Nombre d'insectes capturés	Temp. maxim.	Temp. moyenne	Hygro. moyenne	Nombre d'heures soleil	Énergie radiée	Captures heures soleil	Captures énergie
1967								
26-4	344	14	10	60	8	56	43	6,1
27-4	364	15	11	50	8	54	45,5	6,7
28-4	311	15	11	50	6	51,5	51,8	6
9-5	922	18	14	45	8	59,5	115,2	15,4
10-5	857	20	15	45	8	58,2	107,1	14,7
11-5	958	18	14,5	50	4	41,5	239,5	23
12-5	1 140	18	15,5	45	4,5	45	253,3	25,3
1-6	965	16	13	55	5	48,7	193	19,8
2-6	1 032	18	14,5	50	8	54,6	129	18,9
7-6	1 118	17	14	50	3	33,2	372,6	33,6
8-6	885	17	13	55	1	27,6	885	32
13-6	1 449	20	15	50	4	54,7	362,2	26,4
14-6	1 759	21	17	50	8	65,8	219,8	26,4
15-6	823	18	16	60	2	34	411,5	24,2

N.B. — 1) Les chiffres d'énergie solaire indiquée ici, à seule fin comparative, représentent simplement les surfaces en centimètres carrés des courbes enregistrées. 2) Les valeurs de la colonne de droite constituent en quelque sorte les indicateurs de l'abondance de la faune au moment considéré.

quelles chutes considérables des captures peut provoquer le mauvais temps, mais cela n'est pas toujours aussi net d'où l'importance des mesures solarimétriques. On peut alors distinguer les chutes de captures qui ne sont pas liées à des fluctuations réelles, naturelles, des populations ; il suffit de vérifier que toutes les espèces présentent *concomitamment* une baisse de présence dans les pièges : c'est le cas de *Meligethes viridescens* et *Eupteryx aurata*. Pour ce qui est de *Micropeza corrigiolata*, la baisse du 16 juin est imputable au mauvais temps, cela est corroboré par l'exemple d'*Ephydra riparia*, par contre, celle du 20 est « naturelle » puisque l'Éphydride, ce même jour, a accusé une hausse de fréquence dans nos pièges.

Il existe bien entendu des variantes et sans doute des exceptions à ces conclusions ; ainsi *Macrosiphum pisi* semble moins sensible à la pluie que d'autres espèces de pucerons et les *Sitona* ne paraissent pas non plus très affectés par elle alors que les *Apion* se terrent et demeurent introuvables.

Ces considérations sur l'influence qu'a l'ensoleillement sur l'activité des Insectes sont valables également pour ce qui concerne les horaires « de sortie » des Insectes, dans le cadre d'une même journée.

Les études concernant les heures d'activité de diverses espèces entomologiques sont nombreuses et il n'est pas dans nos intentions de les reprendre ici sinon dans le but précis de relier ces notions à l'ensoleillement, ce qui n'a que trop rarement été fait. L'appareil le plus usité pour ces sortes d'études est un aspirateur dont les captures vont s'entasser dans un tube ; toutes les heures, un disque de carton vient séparer les lots d'Insectes recueillis. Ces appareils sont en général assez encombrants et nous en avons donc réalisé de plus faible taille.

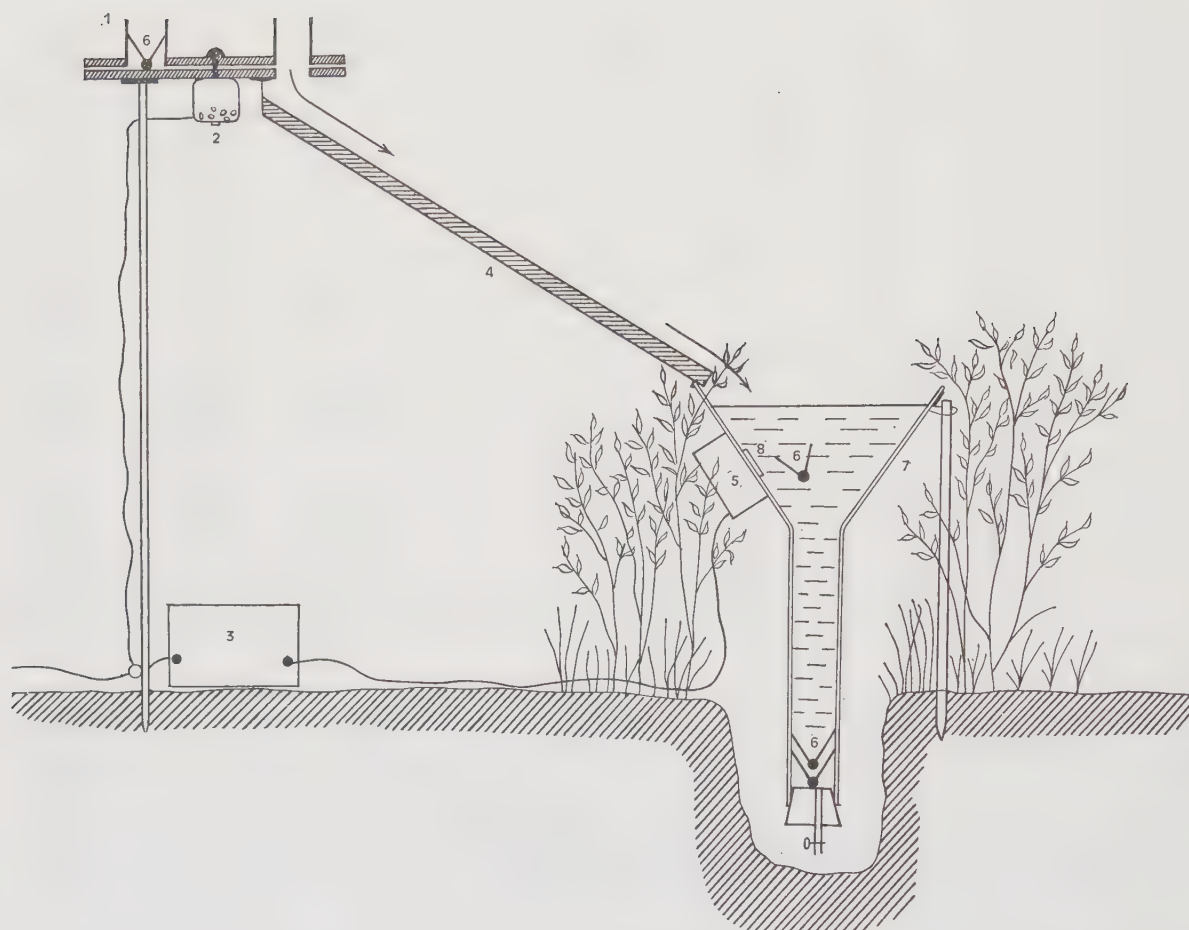


FIG. 20. — Le sélecteur horaire : 1, distributeur de cônes ; 2, moteur à mouvement démultiplié ; 3, contacteur périodique ; 4, gouttière ; 5, agitateur magnétique ; 6, cônes de soie à blutter lestés ; 7, entonnoir-collecteur ; 8, batteur aimanté.

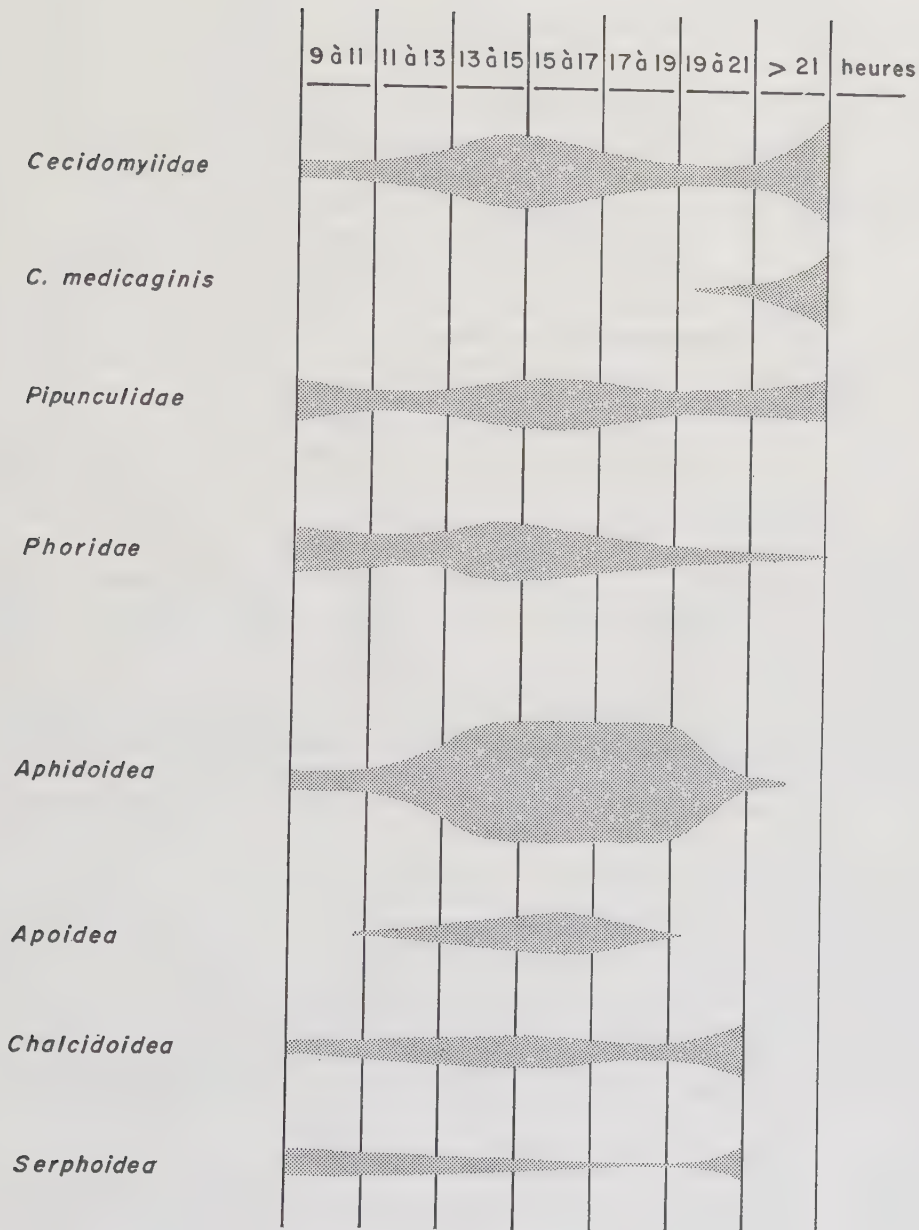
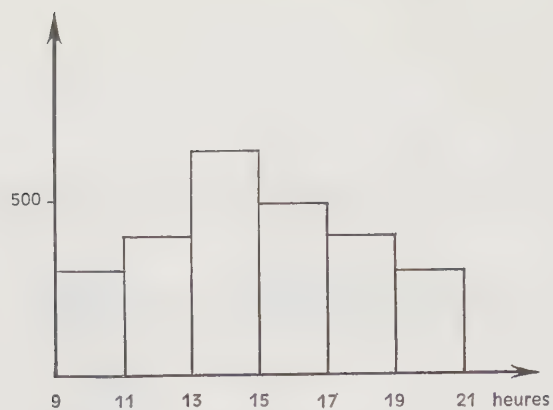
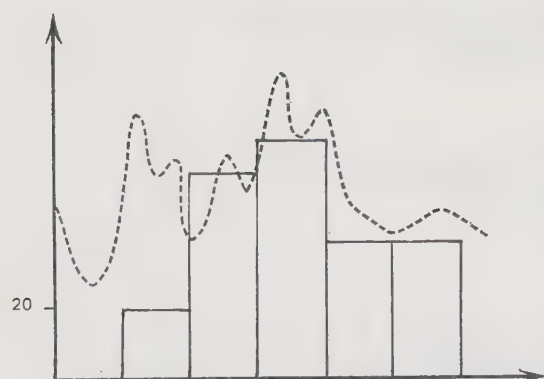


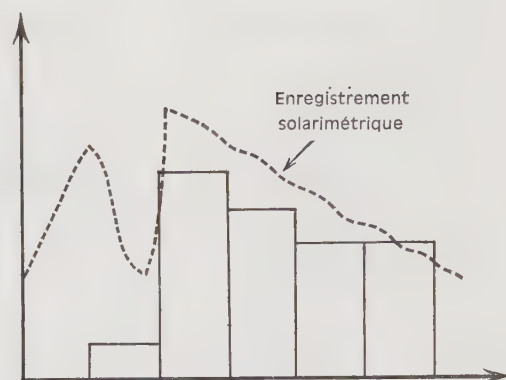
FIG. 21. — Horaires d'activité de quelques familles d'Insectes.



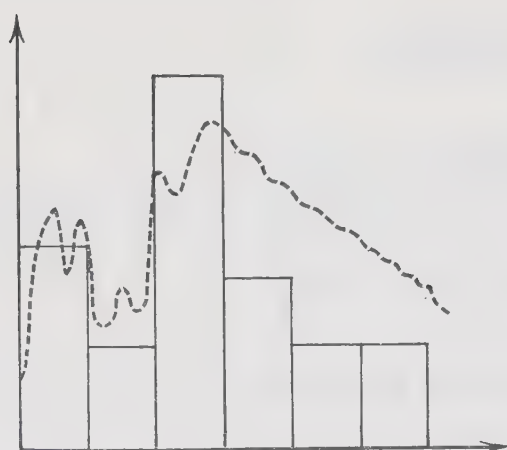
a) Somme de 30 journées de piégeage



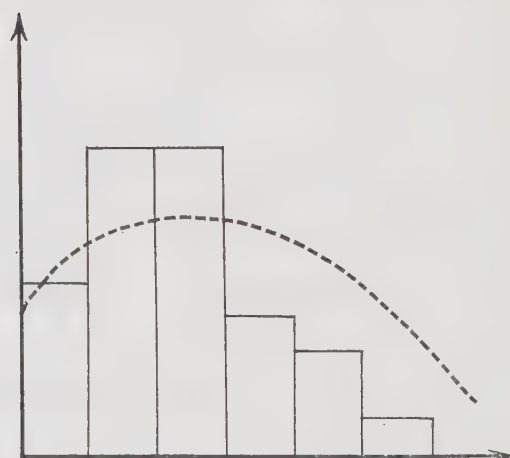
b) 2 août 1967



c) 31 juillet 1967



d) 25 juillet 1967



e) 26 juillet 1967

FIG. 22. — Nombre d'Insectes capturés (période juin, juillet, août).

Le collecteur est un entonnoir en plastique jaune, à la base duquel est soudé un cylindre. Les Insectes qui se noient dans le piège « sédimentent », assez rapidement d'ailleurs, et, toutes les heures, tombe un « séparateur » qui vient recouvrir la récolte ; il est prêt lui-même à recevoir la future récolte. Ces séparateurs sont des cônes de soie à bluter qui s'emboîtent exactement dans le cylindre et sont lestés d'une bille d'acier, ce qui les fait descendre bien droit dans l'entonnoir grâce à la résistance du liquide sur le tulle. Ces séparateurs sont distribués par un plateau tournant. L'ensemble de ces appareils est représenté à la figure 20. Malgré la présence dans l'eau d'un produit mouillant, bien des Insectes flottent en surface en raison de la tension superficielle, aussi avons-nous dû adjoindre au collecteur un appareil à brasser l'eau. Nous avons choisi pour cela un appareil qui peut être discrètement fixé sous le rebord de l'entonnoir, un agitateur magnétique de laboratoire ; le barreau aimanté est placé à l'intérieur du récipient. Un contacteur périodique met l'agitateur en marche, cinq minutes environ avant que ne tombe un séparateur et pendant une minute.

Des résultats d'ensemble sont donnés à la figure 21.

Ces indications sont le résultat de nombreuses expériences, elles « intègrent », en quelque sorte, des journées de climat divers. Si l'on examine les captures horaires, jour par jour, on voit qu'elles sont fort étroitement ajustées à l'ensoleillement, on en verra quelques exemples à la figure 22. Il s'agit là de captures globales intéressant l'ensemble du peuplement.

Si l'on examine plus finement les résultats, au moins au niveau de ce que nous avons appelé l'unité éthologique, on constate évidemment des divergences de comportement. Par exemple, si les premières heures de la matinée correspondent à un ciel couvert (fig. 22 b) la quasi-totalité des Insectes et même les « matinaux » (Phorides, Serphoïdes, Thysanoptères...) demeurent néanmoins immobiles sauf des Dolichopodides, Cécidomyïdes et Pipunculides. Ce sont là des données éthologiques dont il faut faire grand cas ; nous pensons par exemple aux techniques d'échantillonnage en Agronomie qui opèrent souvent par prises successives et brèves, on comprend bien que par une journée à climat variable les échantillons ne seront pas comparables d'un instant à l'autre, en somme... d'un bout du champ à l'autre. En ce qui concerne les piégeages dont la durée est plus longue, ces phénomènes ont moins d'importance ; en effet, si une espèce d'Insecte est contrariée dans ses horaires d'activité par le mauvais temps, elle n'en effectuera pas moins une sortie journalière, celle-ci se plaçant tout simplement à un autre moment, un peu plus ensoleillé, de la journée, ce qui montre qu'il n'y a pas finalement une rigueur absolue dans ces « horaires de sortie ».

Nous avons souvent observé ce phénomène, par exemple en ce qui concerne les Phorides. Les horaires d'activité habituels pour ces Insectes, en été et pour notre région, comportent des sorties préférentiellement entre 9 et 17 heures ; le 2 août 1967 par exemple, journée dont la matinée fut particulièrement maussade, ces mêmes espèces effectuèrent leurs déplacements de 13 à 21 heures et en nombre au moins aussi important qu'à l'habitude. Nous entendons par là que nous avons, ce 2 août, capturé 50 % de plus de ces Insectes que la veille et le lendemain, ce qui ne veut évidemment pas dire qu'il y en avait davantage, mais que leur activité de déplacement a été plus intense, d'autant plus intense qu'ils avaient été contraints à une inaction inhabituelle.

2 - INFLUENCE DU VENT SUR LE COMPORTEMENT DES INSECTES

Il était intéressant de voir si le vent a une influence sur les mouvements des Insectes, tout au moins pour ceux qui se déplacent au vol.

Nous avons, à cet effet, bâti dans le champ un barrage en forme d'équerre ayant une aile nord-sud et une aile est-ouest. La cloison était en matière plastique transparente, faisant environ 1,6 m de hauteur. Des pièges ont été disposés comme il est indiqué à la figure 23. On voit que les lots de pièges définis par des lettres capitales peuvent donc être ou non protégés du vent, les lots définis par des lettres minuscules ne sont jamais (sauf exception, par exemple

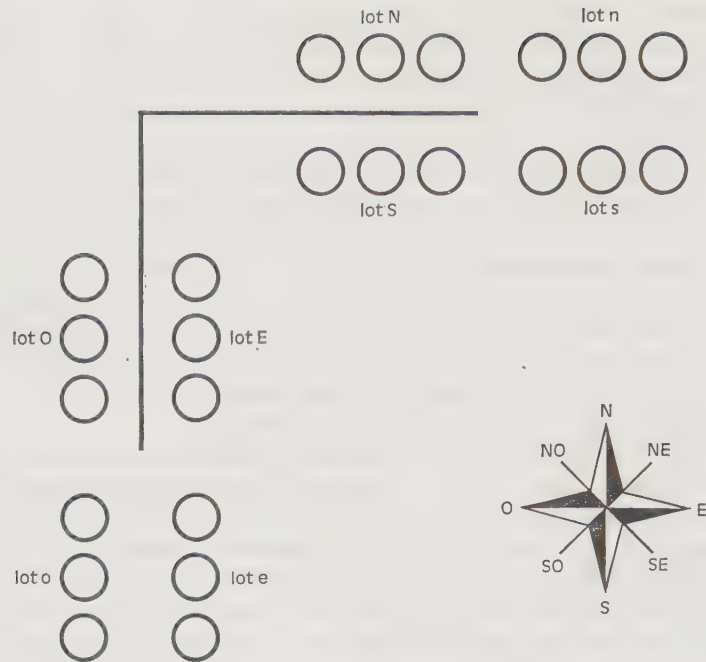


FIG. 23. — Disposition des pièges dans l'expérience des barrages.

e par vent de nord et s par vent d'ouest) protégés par ces barrages, ils nous ont servi de témoins.

Nous avons réalisé, avec ce dispositif, 36 journées de récolte, du 20 avril au 29 juin 1967, recueillant ainsi 38 445 individus.

Les divers jours de récolte ont été classés en plusieurs catégories : journées sans vent (assez rares), journées avec vents de nord, d'ouest ou de sud forts (soit de plus de 6 à 7 km/h)¹, journées avec vents de nord, d'ouest, de sud ou d'est faibles. Cette considération est fort importante, en ce sens que, lorsque les vents sont faibles à hauteur d'homme, ils sont pratiquement nuls au niveau de la végétation.

Nous indiquons aux figures 24 et 25 les pourcentages moyens de récolte effectuée pour chaque lot de pièges, selon les directions des vents et par rapport au total des récoltes par catégories de journées ci-dessus définies.

Si l'on considère les pourcentages des captures opérées de part et d'autre d'une cloison, sous le vent et à l'abri du vent, la différence est toujours très nette et en faveur de la zone abritée (exception faite d'ouest faible, fig. 24 c). Cela n'avait d'ailleurs rien d'évident, on pouvait supposer que, si les Insectes avaient tendance à se laisser véhiculer assez passivement par le vent, ils s'accumuleraient dans les pièges situés le long de la cloison, sur la face exposée aux vents. Ces récoltes montrent donc que, dans la généralité des cas, les vents ne véhiculent pas un « plankton » aérien (tout au moins au niveau de la végétation) et, au contraire, le plus souvent, que les Insectes répugnent à quitter l'abri de la végétation lorsque les mouvements de l'air peuvent perturber leur vol. Ceci mis à part, certains Insectes peuvent parfaitement remonter les courants aériens si besoin est et lorsque ceux-ci ne sont évidemment pas trop violents ; ce serait donc une erreur de croire que l'aire de dispersion d'un Insecte s'établit toujours dans le sens des vents dominants de la région.

Par contre, lorsque les vents sont violents, moins d'espèces doivent leur résister ; elles sont alors véhiculées irrésistiblement vers les pièges situés sur la face exposée au vent des cloisons ; ceci explique que la différence des récoltes effectuées de part et d'autre des cloisons sont *moins importantes lorsque les vents sont assez forts* (voir la figure 25).

1. Il n'y a pas eu, pendant cette période, de forts vents d'est.

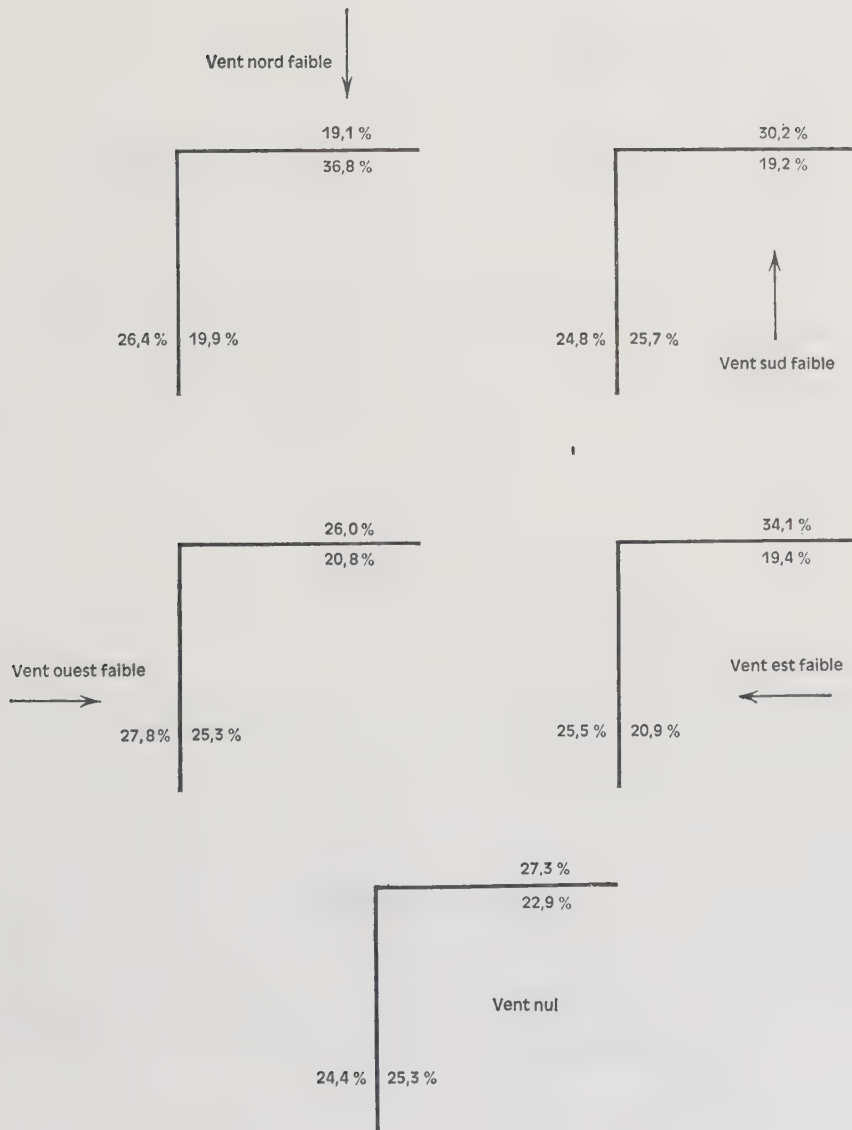


Fig. 24.



FIG. 25.

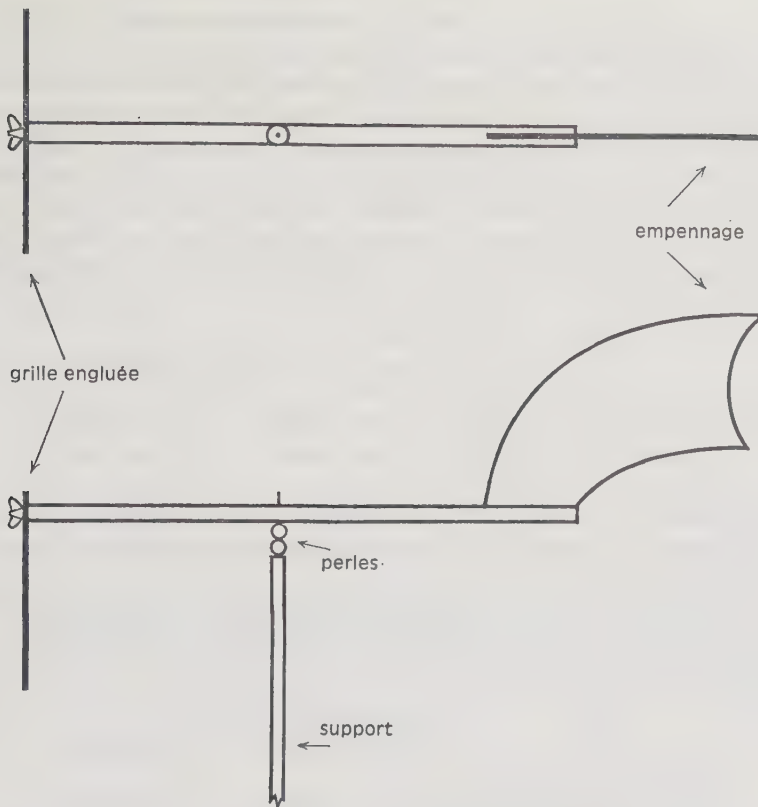


FIG. 26. — La grille-girouette, plan et élévation.

Un excellent appareil pour observer ces phénomènes est celui que nous avons conçu et réalisé sous le nom de « grille-girouette ». Il se compose en effet d'une grille métallique (enduite de glu) fixée verticalement à l'extrémité d'une barre horizontale mobile sur un pivot. L'autre extrémité de cette barre porte un empennage semblable à celui des girouettes (fig. 26). Cet appareil très léger, donc de peu d'inertie, s'oriente instantanément dans le sens du vent quelles que soient les « sautes » de celui-ci. On récolte donc sur la face antérieure de la grille les Insectes qui se laissent véhiculer par les courants aériens et, en quantité théoriquement égales sur les deux faces, ceux que le vent ne perturbe pas. De la même façon, on trouverait, en quantités plus importantes sur la face postérieure, ceux des Insectes qui remonteraient systématiquement tout courant aérien, mais nous n'avons jamais observé, dans nos récoltes, aucune espèce qui se comporte ainsi. Nous n'avons effectué que peu de récoltes avec cet appareil, nous indiquons néanmoins, ci-dessous, quelques exemples bien caractéristiques.

TABLEAU XVIII

Arthropodes recensés	Face avant	Face arrière
Ichneumonoidea	16	13
Chalcidoidea	39	37
Diptères haplostomates	83	66
Sciaridae	46	21
Aphidoidea ailés	116	64
Thysanoptères	505	257
Jeunes araignées véhicu- lées par un fil de soie	5	0

Les vues que nous venons d'exposer sont des vues d'ensemble et, en ce qui concerne ces problèmes, il faudrait considérer les cas d'espèces. Ajoutons que d'ailleurs les vents ne sont peut-être pas toujours les seuls responsables des différences de récolte des diverses séries de pièges et l'exposition de ceux-ci, au nord, au midi... a pu évidemment influencer. Nous étudierons dans le prochain paragraphe quelques cas bien précis ; montrons simplement ici, à l'aide de deux exemples, que, si la généralité des espèces suit la règle que nous venons d'énoncer, à savoir que l'activité des Insectes est plus considérable à l'abri du vent, il est des cas où le maximum des captures s'effectue toujours au même endroit quelle que soit la direction des vents. Citons par exemple les Hyménoptères très sensibles aux vents et toujours plus abondants à l'abri :

TABLEAU XIX

Position des pièges par rapport à la cloison	Vents de sud	Vents de nord
Au nord	62 %	35,8 %
Au sud	38 %	64,2 %

Citons, par opposition, le cas des *Empididae* de notre luzernière (représentés à cette époque, à 92 %, par *Tachydromia* Meig.) et qui présentent le comportement original de fréquenter de préférence la face nord de la cloison :

TABLEAU XX

Position des pièges par rapport à la cloison	Vents de sud	Vents de nord
Au nord	72,5 %	61,3 %
Au sud	27,5 %	38,7 %

3 - LES DÉPLACEMENTS DE L'ENTOMOFAUNE

Outre les migrations (qui ont toujours été étudiées car spectaculaires) il est certain que les Insectes se livrent à des « micromigrations », déplacements verticaux ou longitudinaux de faible amplitude, imposées par la quête de nourriture ou de proie, la sexualité et les conditions climatiques. Nous ne savons d'ailleurs pratiquement rien de ces mouvements et nous ne savons pas s'ils se limitent à quelques décimètres ou atteignent des amplitudes plus considérables. Les techniques classiques de capture, marquage et recapture ne sont guère valables dans le domaine de l'Entomologie si ce n'est à propos de quelques grosses espèces (Acridiens, gros papillons nocturnes, carabes...). Des méthodes fines peuvent être utilisées pour étudier la dispersion d'une espèce à partir de son aire de reproduction ; nous ne citerons pas toutes les expériences réalisées à ce jour quoiqu'elles soient assez peu nombreuses, rappelons simplement le marquage aux radio-isotopes des larves d'*Anopheles gambiae* par GILLIES (1961), au rouge neutre (par ingestion) des chenilles de *Pieris brassicae* par ROER (1959)... les procédés ne manquent pas, mais le repérage ultérieur des Insectes « marqués » ressemble beaucoup au classique problème de l'aiguille dans la meule de foin, le taux de recapture est souvent extrêmement bas.

En ce qui concerne les micromigrations à l'intérieur d'un champ cultivé, aucun procédé vraiment efficace n'a pu être envisagé et quelques bonnes études de quête alimentaire ont été réalisées uniquement au laboratoire (FLESCHNER, 1950 ; DETHIER, 1959).

Le phénomène le plus souvent observé a été la « colonisation » d'une place défaunée par les Insectes de l'environnement. On s'est demandé (anthropomorphiquement) quel « extraordinaire instinct » poussait les Insectes à se rendre vers des lieux libres de concurrence. A notre avis, ce problème est sans doute fort simple si l'on admet que, précisément, les Insectes sont en perpétuelle micromigration. Admettons qu'il existe, au mètre carré par exemple, un peuplement moyen de x Insectes dont n % vont migrer dans la journée ; on peut admettre que, statistiquement, nx Insectes vont quitter l'aire considérée et nx nouveaux Insectes vont y pénétrer. Dans l'aire défaunée, il viendra nx Insectes alors qu'il n'y aura évidemment aucun départ, le premier jour. Le lendemain peuvent arriver encore nx Insectes alors qu'il n'en sortira que n^2x (n plus petit que 1). Ceci est évidemment une vue schématisée, dans la réalité un champ est souvent hétérogène, les Insectes sont dispersés en agrégats et ces agrégats peuvent être fluctuants, mais le principe reste valable.

Restait à montrer la réalité de ces incessants déplacements. Donnons-en simplement pour exemple des captures effectuées au pièges colorés, dans des pommiers cette fois, au Centre de Lutte Biologique de La Minière, en 1965. Sur un même petit arbre de trois ans, nous avons capturé environ 1 500 Insectes en juin, 2 000 en juillet et 2 500 en août, de telles captures montrent bien l'importance du « refaunage » qui s'est effectué jour après jour. Le fait peut être aussi démontré en milieu herbacé : le principe sur lequel nous avons basé nos expériences est le fait que les récoltes que l'on peut effectuer avec les pièges colorés sont abondantes et... exhaustives, c'est-à-dire que l'on peut assez rapidement, dans un espace donné, amenuiser considérablement un peuplement.

Ce principe permet deux orientations de recherche : d'une part, apprécier qualitativement quels sont les Insectes qui se déplacent activement et ceux qui sont plus « casaniers », d'autre part, tenter de quantifier les populations.

a. APPRÉCIATION QUALITATIVE DE L'« INTENSITÉ » DE DÉPLACEMENT DES INSECTES.

Lors d'une première série d'expériences, nous avons étudié les modalités de refaunage de « carrés » de luzerne dont le peuplement avait été, au préalable, très appauvri. Pour ce faire nous disposons quatre piquets de 2 m de hauteur aux quatre angles d'un carré de 2 m de côté. Un matin, lorsque la fraîcheur engourdissait encore les Insectes, nous tendions, sur ces piquets, une nappe de matière plastique disposée verticalement de façon à constituer un « mur » d'environ 1,8 m de haut, délimitant un enclos de 4 m² bien isolé. La faune enclose dans cette enceinte était alors activement piégée, épuisée aussi rapidement que possible. Lorsque les récoltes devenaient pratiquement nulles, nous enlevions la toile formant l'enceinte ; les captures journalières augmentaient alors, sinon instantanément, tout au moins à très bref délai. Il faut bien entendu interpréter les valeurs des récoltes avec infiniment de prudence. Ces valeurs sont des indices de présence dans les pièges qui correspondent, c'est indiscutable, à l'abondance réelle des Insectes mais il faut tenir compte du fait qu'au cours de l'expérience, certaines populations ont crû, d'autres régressé, tel jour le climat a pu être défavorable, etc. Pour en juger il faut donc faire beaucoup d'expériences et les confronter ; d'autre part, il est souhaitable que chaque expérience porte sur plusieurs enclos afin de « tamponner » l'hétérogénéité du champ et les aléas du hasard. Pour quelques groupes, nous avons pu mettre en évidence la « potentialité de refaunage » (donc la mobilité de ces Insectes), on en verra des exemples à la figure 27.

On voit que, pour beaucoup de groupes, pendant les premières vingt-quatre heures après l'enlèvement de l'enceinte (point 2 de la figure 27), l'épuisement dû au piégeage excède encore le « refaunage ». Seules, quelques espèces erratiques (Apides, Sphégiens...) apparaissent dans les récoltes du jour au lendemain. Pour la plupart des groupes, il y a donc une sorte de latence de vingt-quatre heures puis les captures augmentent brutalement pour se stabiliser

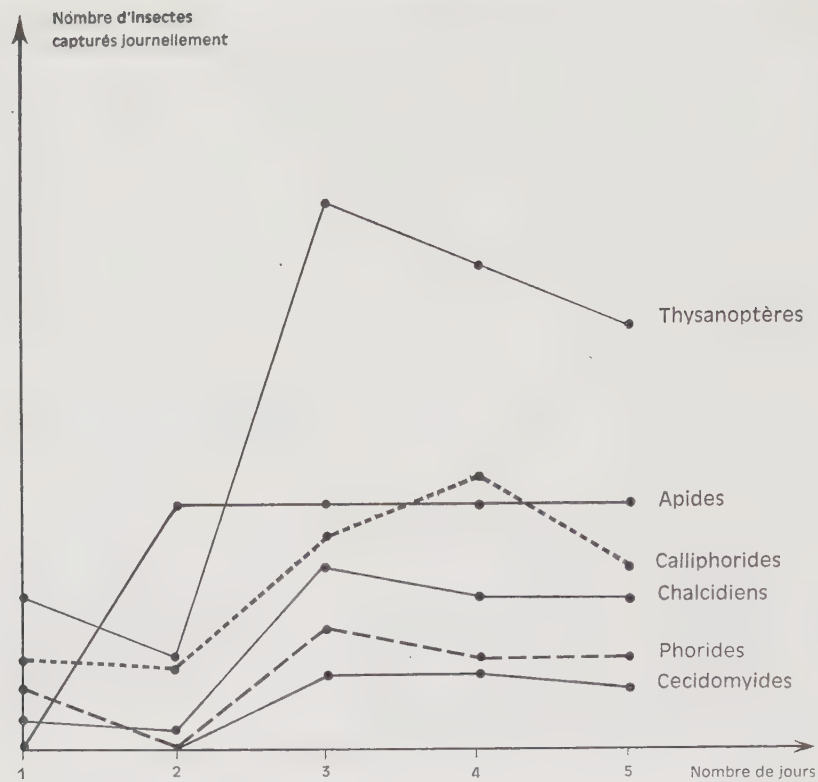


FIG. 27. — Intensité du « refaunage » d'une parcelle par quelques groupes d'Insectes (les unités choisies en ordonnées sont différentes suivant les groupes afin de ne pas superposer les courbes).

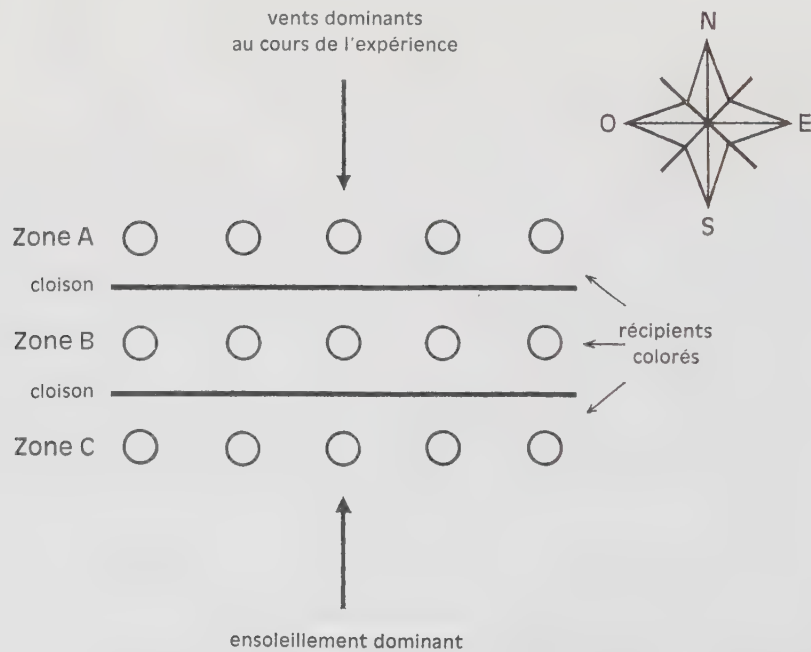


FIG. 28. — Les barrages parallèles.

aux niveaux habituels pour l'époque (notons pourtant que, dans certains cas, on assiste à une légère décroissance après quarante-huit heures, comme s'il y avait eu, au moment de l'ouverture des barrières, un flux brutal d'Insectes, plus important que ce que permet la compétition alimentaire dans la parcelle, excédent qui s'élimine alors de lui-même assez rapidement).

Mais il est un autre moyen pour apprécier l'intensité des déplacements des Insectes, c'est de piéger non plus dans une enceinte mais simplement dans une parcelle dont le refaunage est freiné et l'on compare alors l'importance de ce refaunage à l'amointrissement des populations provoqué par les piégeages. Nous avons donc dressé dans le champ deux cloisons faites de toile plastique, tendues verticalement entre deux piquets. Nous avons ainsi réalisé deux murs de 5 m de longueur et de 1,70 m de hauteur, disposés parallèlement à 1,50 m l'un de l'autre et orientés (selon leur longueur) dans une direction est-ouest. Ces deux cloisons définissaient donc trois zones, la zone A au nord, la zone C au sud et une zone B, sorte de couloir entre elles deux : voir la figure 28. Il est bien évident que, si l'intensité des captures excède l'apport des Insectes qui immigrent au voisinage des pièges, les populations doivent s'appauvrir et, corrélativement, les récoltes. Ce phénomène doit évidemment être surtout marqué en zone B et tout au moins en ce qui concerne les Insectes mauvais volateurs ou se déplaçant peu. Nous indiquons aux figures 29 et 30 des courbes de récoltes journalières pour l'ensemble du peuplement et qui confirment bien notre hypothèse. Nous montrons aux figures 31, 32 et 33 que ces résultats varient bien selon les groupes considérés ; on voit par exemple que les Cécidomyides et les Thysanoptères n'ont pu pénétrer qu'en très faible nombre dans le couloir B alors que les Insectes comme les Calliphorides y ont passé en très grand nombre, plus grand même que dans les autres zones, ce qui s'explique bien par le fait que ce couloir était bien abrité des vents, des vents froids en particulier.

Nous n'indiquons ici que quelques cas bien typiques, une semblable étude éthologique peut être très aisément réalisée pour toutes les espèces d'un peuplement.

b. ESTIMATION QUANTITATIVE DES POPULATIONS.

Dans la mesure donc où il est possible, et nous l'avons montré, d'épuiser progressivement un peuplement en empêchant le « refaunage », on peut tenter l'estimation quantitative des populations. Un des procédés les plus commodes est, par exemple, de tracer des droites de régression, selon la méthode de HAYDE. Dire que cela est toujours possible et pour toutes les espèces d'un peuplement serait erroné, il faut justement que ces espèces montrent une activité micromigratoire aussi intense que possible et ce n'est pas toujours le cas (donnons-en pour exemple beaucoup de Coléoptères, les Diptères Phorides, Psychodides...). En outre cette méthode est assez difficilement applicable dans le domaine de l'Entomologie car le peuplement d'un biotope est un ensemble extraordinairement fluctuant, on peut dire d'un jour à l'autre si ce n'est d'une heure à l'autre, les cycles vitaux de ces petits êtres sont souvent très courts et les fluctuations de populations incessantes et rapides.

Au mieux on peut utiliser les données de deux journées de piégeages consécutives, ce qui revient à se limiter aux deux premiers points d'une droite de HAYDE. C'est donc ce que nous avons appelé la *méthode des deux points*.

Le principe en est fort simple. On suppose (assez arbitrairement, mais l'expérimentation n'infirme pas le fait) que, si deux journées consécutives sont très semblables au point de vue climatique (température, hygrométrie, vent mais surtout ensoleillement), les pourcentages journaliers de capture pour une espèce d'Insecte sont sensiblement les mêmes. Si, par exemple, il existe 1 000 Insectes dans une aire donnée dont on capturera les 30 %, on en récoltera le premier jour 300 et le deuxième :

$$\frac{(1\,000 - 300) \times 30}{100} = 210$$

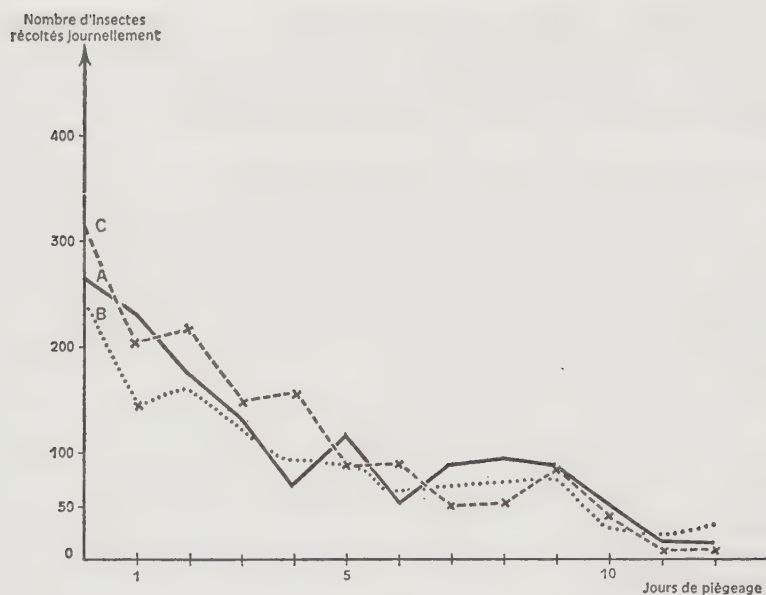


FIG. 29. — Fluctuation du peuplement global d'Insectes.

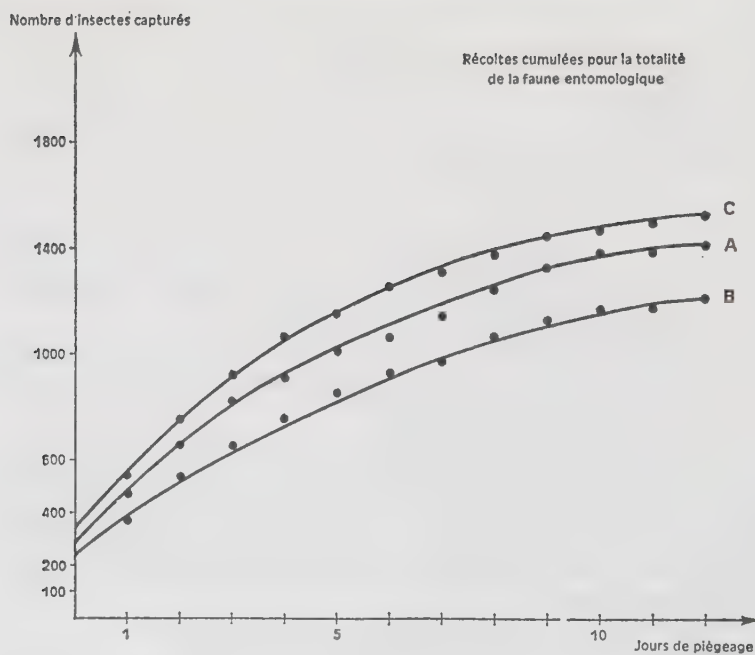
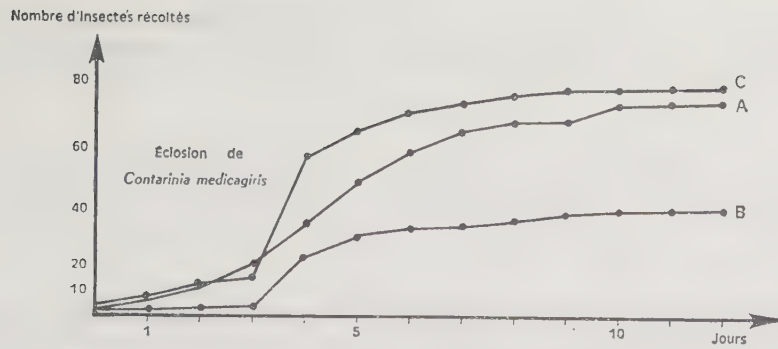
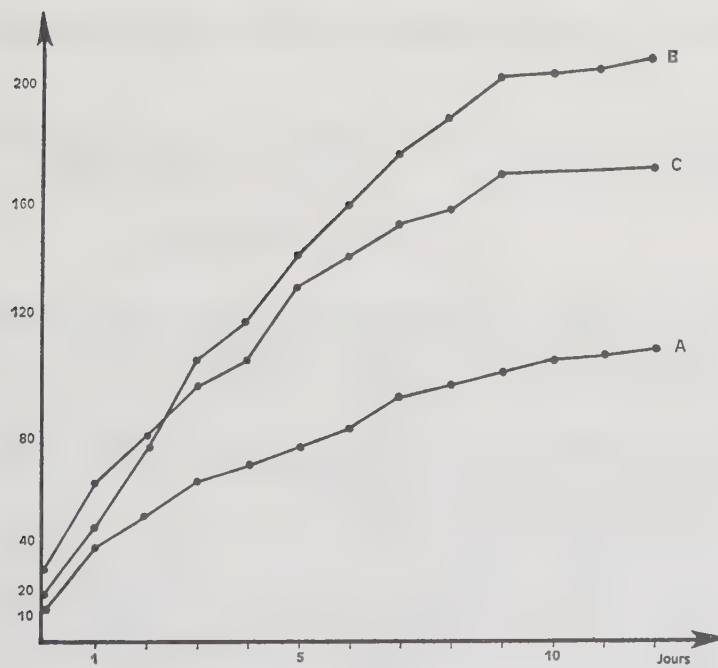
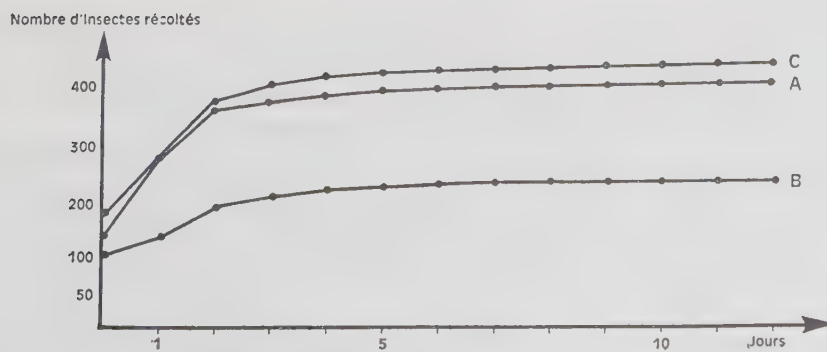


FIG. 30. — Récoltes cumulées pour la totalité de la faune entomologique.

FIG. 31. — *Cecidomyiidae*. Captures cumulées ; piégeages exhaustifs.FIG. 32. — *Calliphoridae*. Récoltes cumulées ; piégeages exhaustifs.FIG. 33. — *Thysanoptères*. Captures cumulées ; piégeages exhaustifs.

Si donc X est le nombre des Insectes qui se sont déplacés dans la journée (au risque de se faire capturer), p le pourcentage d'Insectes capturés, x la récolte du premier jour et x' celle du second jour, on a :

$$x = pX \text{ et } x' = p(X - x)$$

$$\frac{X}{x} = \frac{X - x}{x'} \quad \text{et} \quad x'X = xX - x^2$$

$$X(x' - x) = x^2 \quad \text{et} \quad X = \frac{x^2}{x' - x}$$

Nous développerons plus loin quelques exemples d'application de cette méthode à propos de l'étude éthologique de quelques-uns des groupes d'Insectes recensés dans nos récoltes.

ÉTUDE DE QUELQUES UNITÉS ÉTHOLOGIQUES

Afin d'examiner la plus grande variété possible de comportements d'Insectes en nature, nous avons choisi de présenter quelques cas particulièrement diversifiés.

1 - LES THYSANOPTÈRES

Pour de telles études purement éthologiques, les Thysanoptères constituent un excellent matériel car leur abondance peut autoriser les interprétations statistiques et leur comportement est remarquablement homogène au niveau de l'ordre (exception faite bien entendu de l'aspect trophique).

Les adultes de ces Insectes sont des floricoles qui fréquentent surtout, en milieu herbacé, le sommet de la végétation : en moyenne 47 % à ce niveau pour 30 % voletant au-dessus par beau temps et 22 % en profondeur de la végétation.

Ce qui est caractéristique chez ces Insectes, c'est que, par beau temps, ils forment une sorte de plankton aérien, assez homogène et qui tend à « déborder » le milieu végétal qu'ils fréquentent (ce qui n'est pas le cas de la plupart des Insectes). En général la faune entomologique héliophile « épouse » très étroitement le relief végétal, fréquentant le sommet des tiges pour s'abaisser en lisière et venir voler au ras du sol, si la luzernière est bordée par exemple d'une prairie assez rase. Nous avons recueilli, par piège et par unité de temps, 687 Thysanoptères au sommet des tiges dans la luzernière, pour, à ce même niveau par rapport au sol, 585 en lisière, 258 deux mètres plus loin au-dessus d'une prairie très rase et 320 deux mètres plus loin encore ; ceci montre une notable et originale constance dans le « plan de vol ».

De la même façon, s'il existe un « trou », une clairière, dans le milieu végétal, les Thysanoptères survolent cet espace libre en quantité aussi importante qu'en surface de la végétation.

Nous avons donc fauché la luzerne au milieu du champ afin de créer des clairières circulaires et placé des pièges colorés au milieu de ces espaces libres.

Ces pièges ont recueilli autant sinon plus de Thysanoptères que de semblables appareils situés normalement au sommet de la masse végétale. Ainsi pour une capture de 1 177 exemplaires dans un piège normalement disposé, un autre, placé au centre d'une clairière de 40 cm de diamètre, a recueilli 1 365 individus pour 1 336 au centre d'une clairière de 60 cm de diamètre, 1 441 dans le cas d'une clairière de 100 cm de diamètre, 1 769 enfin pour une clairière de 160 cm de diamètre.

Les Thysanoptères ne répugnent donc en aucune façon à s'écarter de la végétation, on en capture même davantage quand le piège est mieux dégagé, mieux visible. On sait d'ail-

leurs que ces Insectes se dirigent fort bien (sauf par vents violents bien entendu) ; nous avons placé, côte à côte, des pièges colorés jaunes et noirs et recueilli, lors d'une de nos expériences, 3 085 individus dans les pièges jaunes pour 359 dans les noirs, disposés en nombre égal bien entendu.

Par contre, comme tous les Insectes (ou presque) les Thysanoptères répugnent à survoler des substrats inhabituels et si l'on place des pièges colorés au centre de plateaux circulaires faits de diverses matières (bois, plastique, etc.) on ne recueille plus que très peu de ces Insectes ; voir le tableau ci-dessous :

TABLEAU XXI

Nature des plateaux	Pièges de référence	Diamètre des plateaux circulaires portant les pièges (en cm)		
		40	60	80
Bois (okoumé)	371	169	88	84
		100		200
Matière plastique transparente	120	30		20
Tulle de nylon vert	340	160		150

N.B. — Les chiffres de capture ont été ramenés à 1 piège.

Ainsi donc que nous l'avons signalé, les Thysanoptères volent en grand nombre au niveau du sommet des tiges, évoluant essentiellement dans des plans horizontaux. Nous avons décrit ci-avant l'expérience dite « des cylindres » à propos de laquelle nous avons ceinturé certains de nos pièges de cylindres de matière plastique très transparente, ne diminuant guère l'attractivité du piège mais arrêtant les Insectes qui les abordent suivant un plan de vol horizontal ou faiblement oblique. En ce qui concerne donc les Thysanoptères, nous avons capturé, lors d'une expérience, 470 individus par piège de référence (sans cylindre) et 170 seulement avec chaque piège ceinturé d'une collerette de 2 cm de hauteur, ce qui constitue déjà une diminution remarquable des captures (près de 40 %). Dans le même temps, nous n'avons capturé que 130 individus par piège ceint d'une collerette de 4,5 cm de haut, enfin 60 seulement par piège lorsque ces cylindres mesurent 9,5 cm.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les vents ne perturbent pas exagérément le vol de ces petits Insectes. Lors de l'expérience dite « des barrages », les récoltes de Thysanoptères se sont réparties de la façon suivante :

TABLEAU XXII

Direction des vents	% de Thysanoptères capturés	
	au nord du barrage	au sud du barrage
Vents sud faibles	53 %	47 %
Vents sud forts	50 %	50 %
	à l'ouest du barrage	à l'est du barrage
Vents ouest faibles	48 %	52 %
Vents est forts	49 %	51 %

Par contre, si les vents soufflent du nord, la différence est cette fois fort nette et quelle que soit d'ailleurs la force du vent :

TABLEAU XXIII

Direction des vents	Nombre de Thysanoptères capturés	
	au nord du barrage	au sud du barrage
Vents nord faibles	28 %	72 %
Vents nord forts	28 %	72 %

On peut donc conclure que les vents n'ont pas, sur le vol des Thysanoptères, d'influence pourrait-on dire « mécanique » et que l'effet fort net des vents de nord sur l'activité de ces Insectes est dû à une température relativement basse.

L'attractivité importante qu'exerce, sur les Thysanoptères, les pièges colorés jaunes ou rouge-orangé, nous a incité à tenter l'appréciation quantitative de leur peuplement ; cela ne constitue pas à proprement parler un problème éthologique mais il nous a paru intéressant de l'exposer dans le cadre de cette étude.

Les Thysanoptères volent assez intensément dans la journée mais n'effectuent pas semble-t-il de longs déplacements. Nous avons exposé plus haut (expérience des « barrages parallèles), comment il était possible d'apprécier l'intensité des micromigrations des Insectes ; nous nous contenterons donc de donner les courbes de captures cumulées concernant les Thysanoptères dans les trois zones A, B et C (fig. 33). Il était donc tentant d'essayer d'épuiser le peuplement de ces Insectes pour une surface de végétation donnée (4 m² dans le cas de nos expériences) grâce à des captures exhaustives opérées par de nombreux pièges colorés (8 à 9 au m²). Nous indiquons à la figure 34 l'aspect décroissant des quantités capturées jour après jour lors d'un de ces essais. Il est évident que tout ceci n'est possible que si les populations considérées se maintiennent suffisamment stables pendant le cours de l'expérience, sans éclosion ou mortalité excessive (ce qui est hélas assez rare dans le monde des Insectes).

On peut alors dresser soit une courbe de récoltes cumulées, soit une droite de régression ainsi que l'a défini, HAYDE (fig. 35 et 36), soit utiliser notre méthode dite « des deux points » telle que nous l'avons exposée plus haut.

Ici : $x_1 = 213$ et $x_2 = 144$, d'où :

$$X = \frac{(213)^2}{213 - 144} = 657$$

C'est à peu près le chiffre auquel on parvient par les méthodes graphiques, soit environ 670 en ce qui concerne la courbe des récoltes cumulées et 680 pour la « droite de régression ». (fig. 35-36). Il nous a paru intéressant à ce propos de vérifier l'importance de l'intensité du piégeage exhaustif réalisé. Nous avons donc effectué quelque temps après une semblable opération dans deux parcelles immédiatement voisines, avec dans l'une 25 pièges aux 4 m² et dans l'autre 12 pièges seulement. Les résultats ont été les suivants (méthode des deux points) :

$$\text{— avec 25 pièges} \quad X_1 = \frac{(488)^2}{488 - 430} = 4\,106$$

$$\text{— avec 12 pièges} \quad X_2 = \frac{(317)^2}{317 - 282} = 2\,871$$

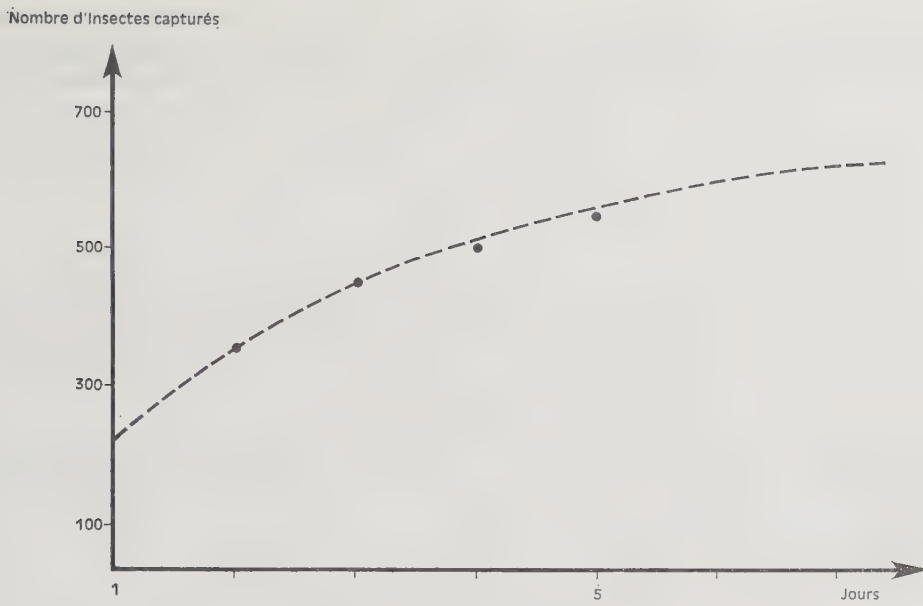


FIG. 35. — Récoltes cumulées, exhaustives de Thysanoptères.

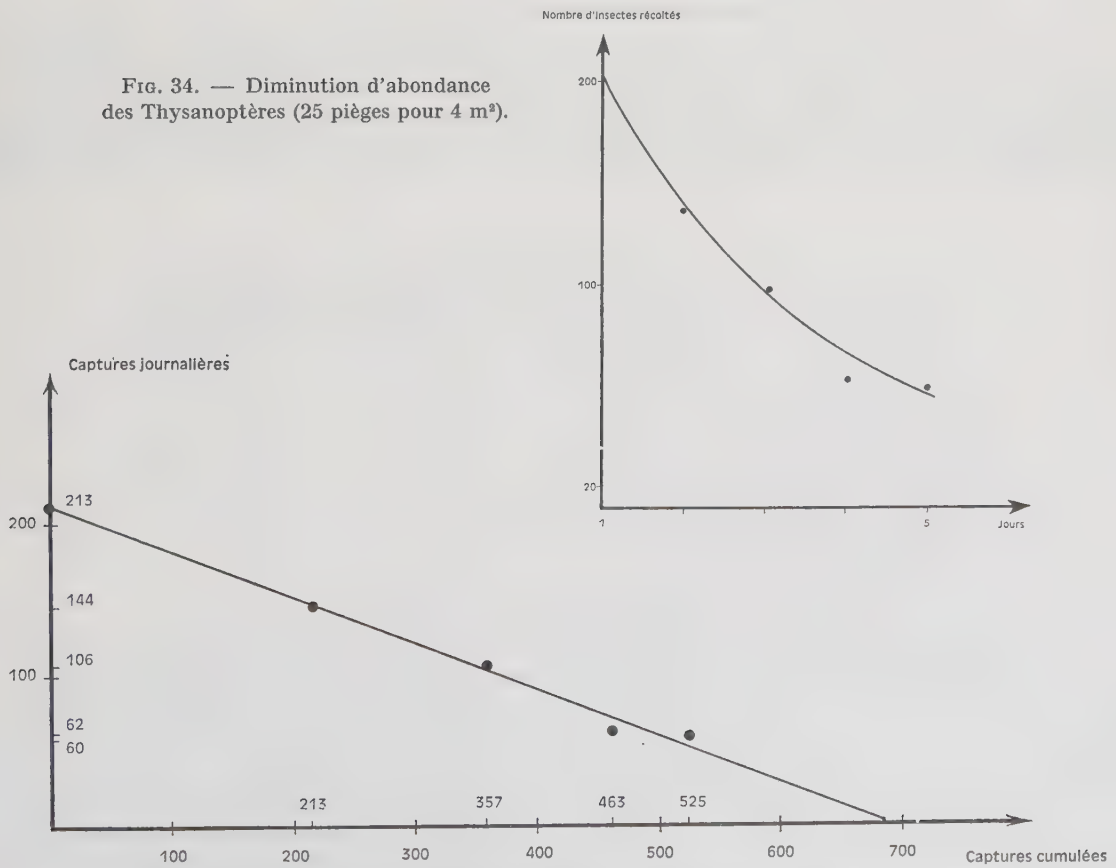
FIG. 34. — Diminution d'abondance des Thysanoptères (25 pièges pour 4 m²).

FIG. 36. — Tracé d'une droite de régression à propos des captures des Thysanoptères.

On pourrait donc penser qu'il y a, dans le champ, une notable hétérogénéité mais... il faut envisager aussi le cas où les 12 pièges/4 m² n'ont pas réalisé des prélèvements satisfaisants, peut-être même certaines parties de la parcelle n'ont pas été d'ailleurs « drainées » du tout. Pour le vérifier, on peut imaginer de corriger le nombre 2 871 en le multipliant par le rapport des captures qu'on été capables d'effectuer chacun des deux lots de 25 et 12 pièges.

$$\text{On peut écrire alors : } 2\,871 \times \frac{488}{317} = 4\,419$$

Ce dernier chiffre est étonnamment proche de celui obtenu avec 25 pièges/4 m² (4 106) ; on peut donc penser que les différences de valeurs observées sont bien imputables à l'insuffisance des captures réalisées par le lot de 12 pièges/4 m² plutôt qu'à une hétérogénéité de répartition des Insectes. Ceci montre bien l'intérêt qu'il y a, avant que d'appliquer une méthode d'étude écologique, d'en étudier les bases méthodologiques.

Pour en terminer avec cette brève revue de quelques particularités du comportement des Thysanoptères, il nous faut examiner si l'« unité éthologique » Thysanoptères est un concept valable, c'est-à-dire que, aspect trophique mis à part, toutes les espèces de cet Ordre ont des comportements suffisamment semblables.

Les espèces dominantes dans notre champ expérimental sont :

Thrips angusticeps Uzel
Limothrips cerealium Hal.
Aeolothrips intermedius Pr.

enfin *Anaphothrips obscurus* en plus faible nombre¹.

Nous avons donc choisi de comparer ces espèces eu égard à certaines caractéristiques du comportement dont nous avons signalé l'importance, à savoir la répartition spatiale en hauteur, dans la végétation et l'influence des vents sur l'activité de ces Insectes. En ce qui concerne l'action des vents (nous avons ici regroupé les journées à vents forts et à vents faibles), nous trouvons :

TABLEAU XXIV

Vents de sud	Thrips angusticeps	Aeolothrips intermedius	Ensemble des Thysanoptères
Au nord du barrage	50 %	51 %	52 %
Au sud du barrage	50 %	49 %	48 %
Vents de nord			
Au nord du barrage	30 %	25 %	28 %
Au sud du barrage	70 %	75 %	72 %

1. Nous remercions vivement M. BOURNIER de l'ENSA de Montpellier pour ses déterminations.

Pour ce qui est de la répartition aux quatre niveaux choisis : D au sol, C à 30 cm de hauteur, B à 60 cm environ de hauteur soit au niveau du sommet des tiges et A à 30 cm au-dessus du sommet des tiges, nous avons pu dresser le tableau suivant :

TABLEAU XXV

Niveaux	Ensemble des Thysanoptères (%)	Thrips angusticeps (%)	Aeolothrips intermedius (%)	Limothrips cerealium (%)
A	30,9	34	31,5	22
B	47	47	51	39
C	21	18	16,5	38
D	1	1	1	1
	99,9	100	100	100

En ce qui concerne ce point précis de l'éthologie, on voit donc que *Limothrips cerealium* présente quelques divergences avec l'ensemble des Thysanoptères, vivant davantage en profondeur de la végétation. En quelque sorte l'« unité éthologique Thysanoptère » n'est pas parfaitement homogène, mais cela concerne un fait précis, explicable par la nature des plantes-hôtes et la différence n'est pas d'ailleurs très profonde.

Il nous a paru intéressant aussi d'examiner, à ce propos, si le principe d'une relative identité du comportement dans une « unité » restait valable compte tenu du sexe des individus recensés. Nous avons effectué les triages nécessaires au moins pour une espèce, la plus abondante dans nos récoltes : *Aeolothrips intermedius*. Les résultats ont été les suivants :

TABLEAU XXVI

Aeolothrips intermedius	Niveau A (%)	Niveau B (%)	Niveau C (%)	Niveau D (%)
Femelles	29,4	53	16,5	1
Mâles	32	50	17	1

Dans ce cas donc, une fois encore, les valeurs sont extrêmement comparables.

2 - LES APHIDIENS

Les Aphidiens ailés de la prairie, comme les Thysanoptères, forment, par beau temps, une sorte de plankton aérien : ils tourbillonnent au-dessus de la végétation et n'hésitent pas d'ailleurs à s'en écarter : dans des récipients situés au niveau du sommet des tiges nous avons capturé, lors d'une expérience, de 159 à 177 de ces Insectes par piège et, dans la prairie rase voisine, avec de semblables pièges fixés à la même hauteur, une centaine d'individus par piège tant à 2 m qu'à 4 m de la lisière.

Les « clairières » artificielles taillées dans la luzerne de la façon que nous avons déjà exposée, sont également survolées sans répugnance ; nous indiquons dans le tableau XXVII,

ci-dessous, quelles ont été les récoltes par piège et selon le diamètre de la clairière au centre de laquelle ils avaient été placés.

TABLEAU XXVII

	Pièges de référence ¹	Diamètre des clairières (en cm)			
		40	60	100	160
Aphidiens ailés/1 piège	227	142	256	582	408

Les résultats sont quelque peu hétérogènes mais ils montrent bien que, comme dans le cas des Thysanoptères, nous avons capturé d'autant plus d'individus que les assiettes étaient mieux dégagées, bien visibles, mais dans le cas bien sûr où les Insectes ont à survoler un milieu naturel. Lorsqu'on place les pièges au centre de plateaux circulaires de matières diverses : bois, plastique, tulle... les Aphidiens présentent la même répugnance que les Thysanoptères à survoler ces substrats inhabituels. Les chiffres de captures indiqués dans le tableau ci-dessous sont ramenés à 1 piège.

TABLEAU XXVIII

Matières	Pièges de référence	Diamètre des plateaux (en cm)		
		40	60	80
Bois	223	131	61	38
		100	200	
Tulle de nylon vert	109	33	25	

Cette étude sur les Aphidiens présente d'ailleurs un aspect original par le fait que les récipients jaunes capturent énormément d'individus aptères ; il ne faut pas oublier que nos pièges sont en contact étroit avec la végétation, ils sont toujours plus ou moins surplombés par elle et des formes aptères s'y laissent souvent choir (ce n'était toutefois pas le cas en ce qui concernait les Thysanoptères). Les captures de tels individus sont cependant trop aléatoires pour être quantitativement valables, toutefois elles donnent des indications sur la répartition spatiale de ces formes. Dans le tableau ci-dessous nous comparons donc la répartition des ailés à celle des formes larvaires de ces espèces.

TABLEAU XXIX

Aphidiens	Niveau A (aérien) : 30 cm au-dessus du sommet des tiges (%)	Niveau B : sommet des tiges (%)	Niveau C : mi-hauteur (%)	Niveau D : sol (%)
Ailés	16	56	24	3
Aptères	0	2	23	74

1. Pièges situés en plein milieu de la végétation, au niveau du sommet des tiges.

En ce qui concerne les ailés donc, on observe une répartition qui ressemble fortement à celle des Thysanoptères, ce qui est concevable, les modes de vie ou tout au moins de nutrition n'étant pas fondamentalement différents. Pour ce qui est des formes larvaires, elles se rencontrent donc surtout en profondeur de la végétation. C'est fort surprenant bien entendu, ces Insectes se situant généralement au niveau des parties tendres des végétaux ; si même ces formes fuyaient un ensoleillement trop intense, on devrait les récolter surtout au niveau B. On pourrait admettre que ces Insectes aptères se laissant choir dans les pièges, les récipients situés au niveau C « drainent » les niveaux B et C et ceux situés en D, les niveaux B, C et D. Malheureusement cela ne suffit pas pour expliquer cette étrange répartition car, dans ces conditions, la faune recueillie vers le sol représente encore : $74 - (23 + 2)$ soit 49 % de la faune larvaire aphidienne, soit près de la moitié. Nous pouvons donc admettre que ces Insectes sont sans nul doute particulièrement sensibles à la dessiccation et que, à certains moments, ils interrompent leur alimentation pour descendre se réfugier dans les zones ombrées et humides du massif végétal.

Pour ce qui concerne la manière dont ces Insectes volent, on peut dire qu'elle est « faible » et « hésitante », ce qui est connu, néanmoins l'importance de la surface alaire par rapport au poids des Insectes leur permet aisément de se poser « à la verticale ». Si nous considérons les résultats de l'expérience dite « des cylindres », on voit qu'il faut ceindre les pièges de murets déjà assez élevés pour abaisser sensiblement le taux des captures (dans le tableau ci-dessous, nous indiquons ces valeurs en quantités d'Insectes capturés par piège et par jour).

TABLEAU XXX

Pièges de référence	Hauteurs des cylindres (en cm)		
	2	4,5	9,5
28	21	25	11

On pourrait penser que ces Insectes sont fort empêchés de voler quand il y a des vents assez sensibles ; il n'en est finalement rien et on en capture autant à l'abri du vent que dans les endroits exposés ainsi que le montrent les chiffres du tableau XXXI, résultant de l'expérience dite « des barrages ».

TABLEAU XXXI

Position des pièges par rapport aux barrages	Vents de sud (%)	Vents de nord (%)
Au nord	43,7	44,1
Au sud	56,3	55,9
	100	100

Les résultats sont donc fort homogènes ; on voit simplement que, le biotope étant plus favorable dans le cas d'une exposition au midi, les Aphidiens se sont toujours montrés plus actifs en cet endroit et ont donc été capturés en plus grand nombre. Par conséquent il faut étudier plus finement le problème si l'on veut montrer que les vents peuvent perturber

les déplacements de ces Insectes ; nous avons repris cette analyse en mesurant la vitesse des vents, de sud par exemple.

TABLEAU XXXII

Position des pièges par rapport aux barrages	Vents de sud faibles (%)	Vents de sud forts (> 7 km/h) (%)
Au nord	47,4	55,2
Au sud	52,6	44,7
	100	99,9

C'est à propos de cette sensibilité aux vents que nous avons, pour ce groupe, tenté de vérifier si l'« unité Aphidiens » peut être considérée comme une unité éthologique (nous pourrions d'ailleurs dire ici « unité biologique » puisque l'aspect trophique est, cette fois, homogène).

Les principales espèces présentes dans notre luzernière sont¹ :

- *Brachycaudus helychrisi* Kalt.
- *Pleotrichophorus glandulosus* Kalt. (assez rare)
- *Acyrtosiphon pisum* Harr.
- *A. (Metopolophium) dirhodum* Wlk.
- et — *Aphis fabae* Scop. et *rumicis* L.

Nous avons donc établi un tableau des activités (représentées par l'intensité de capture) comparées pour les plus populeuses d'entre elles.

TABLEAU XXXIII

Vents de sud				
Position des pièges	Ensemble des aphidiens (%)	<i>Acyrtosiphon</i> <i>dirhodum</i> (%)	<i>Brachycaudus</i> <i>helychrisi</i> (%)	<i>Aphis</i> <i>rumicis</i> (%)
Au nord des barrages	45,7	17	58	51
Au sud des barrages	56,3	83	42	49
	100	100	100	100
Vents de nord				
Au nord des barrages	44,1	72,5	39,5	2
Au sud des barrages	55,9	27,5	60,5	2
	100	100	100	

1. Nous remercions M. REMAUDIÈRE pour la détermination de ces Insectes.

2. Les *Aphis rumicis* ont pullulé surtout du 2 au 30 mai (1967), époque à laquelle nous n'avons enregistré que des vents de sud.

Il y a donc, pour ces phénomènes particuliers, une hétérogénéité certaine, disons tout au moins que les *Acyrtosiphon dirhodum* tranchent dans le groupe étudié par leur extrême sensibilité aux vents. Notons d'ailleurs que les vents n'ont pas modifié leur activité diurne et qu'ils ont été capturés en grand nombre, les chiffres montrent surtout (les récoltes ayant été plus abondantes sur la face des barrages exposée aux vents) que ces Insectes se laissent davantage véhiculer passivement que les autres espèces étudiées.

Ces sortes de critères éthologiques ont, on le conçoit, une importance considérable lorsque l'on tente un échantillonnage aussi valable que possible.

3 – LES DIPTÈRES THÉCOSTOMATES

Rappelons qu'en préalable à cette étude, nous avons choisi arbitrairement, pour « unités éthologiques », des groupements d'Insectes qui étaient des familles, des super-familles, parfois des ordres et ce eu égard aux connaissances actuelles sur ces Insectes. Après avoir examiné quelques groupes dont les comportements des espèces sont assez cohérents, nous abordons ici l'étude d'Insectes très évolués dont la classification actuelle est plus ou moins aléatoire, basée sur des caractères assez peu tranchés et dont les biologies sont assez diversifiées, à savoir : les Calliphorides (+ Muscides), Tachinides, Sarcophagides et Anthomyides ; nous situons donc notre étude, pour cette fois, dans le cadre d'une contestation d'unités trop imprudemment préétablies. Nous sommes en présence d'Insectes au vol généralement puissant et rapide, pouvant effectuer des déplacements importants ; on peut s'en convaincre en considérant la figure 32 montrant la capacité de refaunage des Calliphorides. Comme tous les Insectes à vol rapide d'ailleurs et dont la puissance est basée non sur la surface alaire mais la rapidité des battements (autrement dit la « mise en résonance » du thorax), ces mouches se posent sur la végétation suivant un vol très oblique ; nous donnons ci-dessous le pourcentage des captures obtenues lors d'expériences dites « des cylindres », par famille et par rapport au total des captures dans une série de cylindres de hauteurs diverses.

TABLEAU XXXIV

Hauteur des cylindres (en cm)	Sarcophagides (%)	Calliphorides (%)	Tachinides (%)	Anthomyides (%)
0	41,5	51,6	50,4	52,1
2	38,9	28	26,6	26
4,5	10,2	15,8	15,9	19,5
9,5	9,3	4,5	7	2,3
	99,9	99,9	99,9	99,9

Ce qui est surprenant, c'est que d'aussi bons volateurs puissent être, dans leur activité, perturbés par le vent. Dans le tableau ci-dessous, on voit que (exception faite des Anthomyides qui ne s'écartent guère d'ailleurs du fouillis végétal) les pourcentages des captures s'inversent rigoureusement selon la direction des vents.

Pour ce qui est du survol des espaces dégagés, il en est de ces Insectes comme de la plupart des héliophiles, on les rencontre en aussi grand nombre au centre de « clairières » relativement larges qu'au sommet de la végétation la plus dense. Les seuls Insectes qui répugnent donc à s'aventurer dans les espaces dégagés sont les sciaphiles ; citons, d'après nos expériences, les Cératopogonides femelles, les Dolichopodides en général, certains Phorides, les

TABLEAU XXXV

Vents :	de nord		de sud	
Position des pièges :	au nord	au sud	au nord	au sud
Total :				
Thécostomates	37,5 %	62,5 %	63,5 %	36,5 %
Sarcophagides	35 %	65 %	66 %	34 %
Calliphorides	36 %	64 %	65 %	35 %
Anthomyides	50 %	50 %	50 %	50 %

Empidides, les Proctotrypides. En lisière, par contre, le nombre des Thécostomates diminue assez rapidement au fur et à mesure que l'on place les pièges plus loin de la végétation qu'ils fréquentent.

Ce que nous n'avons pas retrouvé chez ces Insectes, c'est la répugnance, déjà signalée à propos des Thysanoptères et des Aphidiens, à survoler des substrats inhabituels.

Signalons donc une originalité des Thécostomates à ce propos : lorsque les supports circulaires ayant un piège en leur centre ne tranchent pas (ou peu) sur la teinte générale verte du milieu, leur survol s'effectue normalement. Nous en voyons la démonstration dans le tableau ci-dessous (seules les Calliphorides font exception dans un cas, les Sarcophagides dans un autre).

TABLEAU XXXVI

Matières	Insectes	Diamètre des supports (en cm)			
		0	40	60	80
Bois	Anthomyides	48	44	16	10
	Sarcophagides	30	20	8	4
	Calliphorides	24	12	2	0
	Tachinides	32	16	6	8
Plastique transparent		0	100	200	
	Anthomyides	21	9	12	
	Sarcophagides	12	16	16	
	Calliphorides	10	10	0	
	Tachinides	16	16	8	
Tulle vert	Anthomyides	30	9	33	
	Sarcophagides	27	9	0	
	Calliphorides	10	20	10	
	Tachinides	12	9	21	

(Ces chiffres représentent les captures en nombre d'individus de chaque famille recueillis par piège et par jour.)

Indiquons enfin la « stratification » habituelle de ces Insectes :

TABLEAU XXXVII

Hauteurs	Calliphorides (%)	Sarcophagides (%)	Tachinides (%)	Anthomyides (%)
30 cm au-dessus du sommet des tiges	12,8	6,9	5,7	10,3
Niveau du sommet des tiges	52,7	33,9	36,6	46,7
Mi-hauteur	31	59,2	54,4	35,9
Au sol	3,4	0	3,2	7
	99,9	100	99,9	99,9

Signalons d'ailleurs, qu'au cours de l'analyse des captures, nous avons comme à l'habitude, autant que faire se pouvait, analysé les échantillons au genre ou à l'espèce mais sans que cela nous apporte de données nouvelles par rapport à ce que nous venons d'exposer. Quoi qu'il en soit, nous pouvons conclure à une hétérogénéité certaine des comportements des représentants de chaque famille étudiée et qu'il s'avère donc impossible de réunir en une même unité éthologique.

En outre, il faut attirer l'attention sur le cas particulier des *Sarcophaga*. Si l'on se réfère aux tableaux on voit bien qu'« éthologiquement » ces Insectes ne doivent pas être rattachés aux Calliphorides. Si l'on admet que les « préoccupations » trophiques et surtout génésiques des Tachinides et Anthomyides soient tellement différentes de celles des Calliphorides au point de créer, pour ces espèces, des familles particulières qui se distinguent soit par un post-scutellum plus ou moins saillant soit par une nervure médiane plus ou moins coudée, il faut bien reconnaître que l'éthologie particulière des *Sarcophaga* mérite que l'on crée, pour ces « mouches », la famille des Sarcophagides (ce que d'ailleurs certains auteurs ont déjà pressenti).

4 – DE QUELQUES AUTRES UNITÉS ÉTHOLOGIQUES NON ANALYSÉES AU NIVEAU SPÉCIFIQUE

a. LES CHALCIDIENS ET LES SERPHOÏDES.

Nous voudrions surtout, dans ce paragraphe, montrer les divergences de comportement qui n'autoriseraient pas le regroupement de ces deux catégories de Térébrants, pour le cas bien entendu où l'on serait tenté de le faire. *A priori*, en effet, ces petits Insectes semblent fort proches et l'on peut même dire que les *Mymaridae* forment une transition entre les *Chalcidoidea* et les *Proctotrypoidea* (*Serphoidea*). Les tailles sont semblables, ou peu s'en faut, les aspects trophiques et reproducteurs passablement identiques ; il y a presque moins de différence entre un Chalcidien supérieur et un Serphoïde qu'entre ce même Chalcidien et l'un de ses congénères primitifs.

Une des premières différences qui marque dans les comportements de ces Insectes est la position dans le milieu végétal ; on conviendra que pour ce qui concerne l'inventaire et l'échantillonnage de ces Insectes, le phénomène est d'importance.

On peut dire que les Chalcidiens sont héliophiles et les Serphoïdes sciaphiles¹. Deux faits le montrent bien : la répartition dans la végétation ainsi que la teinte préférentielle des pièges fréquentés. En ce qui concerne la répartition spatiale, on se référera au tableau ci-dessous :

TABLEAU XXXVIII

Groupes	30 cm au-dessus du sommet des tiges (%)	Niveau du sommet des tiges (%)	Mi-hauteur (%)	Au sol (%)
Chalcidiens	17,1	35,8	28,5	18,5
Serphoïdes	10,5	25,7	34,9	28,8

La teinte préférentielle peut être aussi un indice ; les Insectes sciaphiles ainsi que les crépusculaires se capturent plus fréquemment aux pièges colorés rouge-orangé. Statistiquement on récolte autant de Proctotrypoïdes dans les pièges orangés que dans les jaunes, très exactement, d'après nos expériences, 52 % dans ces derniers pour 48 % dans les orangés. En ce qui concerne les Chalcidiens, on en capture 66 % dans les pièges jaunes, 34 % dans les orangés. D'ailleurs si, au crépuscule, les pièges orangés se montrent aussi efficaces que les jaunes en ce qui concerne les Chalcidiens, pour ce qui est des Proctotrypoïdes, on en récolte cette fois 81 % dans les pièges orangés pour donc 19 % dans les jaunes.

On se doute donc que les Proctotrypoïdes doivent répugner à quitter l'abri de la végétation et à s'aventurer dans les espaces dégagés (lorsqu'ils le font c'est alors au ras du sol). Dans le tableau XXXIX, nous indiquons les pourcentages de captures effectuées par des pièges situés au centre de petites « clairières » taillées dans la luzerne et situés au même niveau que le sommet des tiges environnantes.

TABLEAU XXXIX

Insectes	Diamètre des clairières (en cm)				
	0	40	60	100	160
Chalcidiens	20 %	13,3 %	30 %	16,6 %	20 %
Serphoïdes	28,2 %	30,7 %	23,2 %	12,8 %	5,1 %

Cette prédisposition des Serphoïdes pour les ambiances plus fraîches (et ombreuses) et des Chalcidiens pour les températures plus élevées (et la lumière) se retrouve dans les résultats des captures effectuées à l'abri des vents ou sous leur influence (cf. expérience des

1. VAISSAYRE et DE TAFFIN ont montré (*in litt.*, expériences effectuées sous notre direction aux S.S.C.-ORSTOM) que, par journées exceptionnellement chaudes ($\neq 30^{\circ}\text{C}$) et par ensoleillement intense ($> 1 \text{ gcal cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$, vers 13 heures), les Chalcidiens descendent vers le sol, dans l'épaisseur de la végétation. C'est ce que DUVIARD a observé en Afrique (Côte-d'Ivoire) et pour l'ensemble du peuplement d'ailleurs, dans ce pays.

barrages) : les Chalcidiens sont perturbés dans leur activité par les vents de nord, les Serphoïdes par les vents de sud.

TABLEAU XL

Vents :	de nord		de sud	
	au nord	au sud	au nord	au sud
Position des pièges par rapport aux barrages :				
Chalcidiens	37,2 %	62,5 %	50 %	50 %
Serphoïdes	46,2 %	53,7 %	70,2 %	29,7 %

Pour conclure, nous allons montrer que l'on trouve, au contraire, une excellente homogénéité des comportements si l'on ne considère cette fois qu'un groupe, les Serphoïdes par exemple :

TABLEAU XLI

Vents :	de nord		de sud	
	au nord	au sud	au nord	au sud
Position des pièges par rapport aux barrages :				
Platygasteridae	45,5 %	54,5 %	73,6 %	26,4 %
Proctotrypidae	50 %	50 %	65 %	35 %
Mymaridae	46,4 %	53,6 %	79,3 %	20,7 %
Ceraphronidae	44,5 %	55,5 %	33,3 %	66,6 %
Ensemble	46,2 %	53,7 %	70,2 %	29,7 %

N.B. — Les valeurs semblent aberrantes en ce qui concerne les Céraphronides et pour les vents de sud ; nous les indiquons sous toute réserve, les quantités d'individus récoltés ayant été extrêmement faibles pour ces Insectes et dans le cas de ces vents.

b. LES PHORIDES.

On écrit volontiers que les Phorides sont des Insectes au vol « faible et bref », meilleurs marcheurs que volateurs et, par ailleurs, sciaphiles. Ce groupe est un excellent exemple pour nous permettre de démontrer que les observations visuelles et les traditions devraient parfois faire place à l'expérimentation éthologique. Si donc nous considérons les résultats de nos expériences, on voit que, par beau temps, plus de la moitié de ces Insectes peuvent être capturés volant au niveau du sommet des tiges, soit même franchement au-dessus, au soleil.

TABLEAU XLII

30 cm au-dessus du sommet des tiges	Niveau du sommet des tiges	Mi-hauteur	Au sol
17,2 %	39,3 %	20,3 %	23,1 %

En quelque sorte les Phorides volent et volent bien, peut être pas très haut au-dessus de la végétation-hôte mais assez loin au besoin : on en capture autant au centre de petites clairières qu'en milieu végétal et assez loin même de ce milieu.

TABLEAU XLIII

Diamètre des clairières (en cm)				
0	40	60	100	160
125	70	70	125	95

TABLEAU XLIV

Position des pièges	A 2 m de la lisière en luzerne	En lisière	A 2 m de la lisière en prairie rase	A 4 m de la lisière en prairie rase
Niveau du sommet des tiges	100	75	100	80
Au sol	75	70	36	39

N.B. — Il s'agit ici des mêmes espèces.

Les Phorides sont capturés préférentiellement par les pièges jaunes, ce qui est l'indice d'un comportement assez héliophile ; au cours d'une expérience : 368 dans les pièges jaunes pour 116 dans les rouge-orangé et 107 dans les verts.

Le vent ne semble guère perturber l'activité de ces Insectes, ils volent d'ailleurs assez peu haut au-dessus du niveau du sommet des tiges, niveau où les vents sont assez peu sensibles à moins qu'ils ne fassent plus de 6 à 7 km/h à hauteur d'homme. On capture donc toujours à peu près autant de ces Insectes à l'abri du vent que sous le vent :

TABLEAU XLV

Vents de nord		Vents de sud	
Pièges		Pièges	
au nord des barrages	au sud	au nord des barrages	au sud
50,8 %	49,2 %	50 %	50 %

L'amplitude de leurs déplacements journaliers est assez faible mais réelle ; au cours de l'expérience dite « des barrages parallèles » la zone centrale à refaunage entravé a procure des récoltes plus faibles que les autres zones ; les récoltes cumulées, au cours d'une expérience, ont été : 446 Phorides pour la zone A et 454 pour la C contre 344 seulement pour la zone B « enfermée » entre les deux barrages.

Enfin signalons que leur sustentation est faible, ce qui est le cas de beaucoup d'Insectes à nervation alaire évoluée ; les résultats de l'expérience dite « des cylindres » ont été les suivants :

TABLEAU XLVI

Pièges nus	Hauteur des cylindres (en cm)		
	2	4,5	9,5
72,5 %	15,6 %	11,9 %	0 %

c. LES APOIDES.

Nous terminerons cette revue des principaux groupes d'Insectes de notre luzernière par une « unité » bien typée, les Apoides. Ils sont, par excellence, des Insectes de grand jour, des butineurs actifs, au vol rapide et ils donnent une impression d'« abondance » quelque peu injustifiée si l'on ne considère donc que leur « population opérationnelle ». Pour beaucoup de points, nos expériences confirment d'ailleurs ce que l'on pense habituellement du comportement de ces Insectes.

On les rencontre donc dès que le soleil a évaporé la rosée du matin, jusqu'au crépuscule ; le soleil n'a pas encore disparu, il vient de prendre la teinte rouge-orangée qui caractérise son déclin vers l'horizon que les pièges déjà ne récoltent plus de ces Insectes. Comme tous les héliophiles d'ailleurs ils sont très attirés par le jaune : si l'on en capture 100 dans un tel piège, on n'en recueillera que 4 ou 5 dans des pièges noirs, 35 dans des blancs, 31 dans des verts et 43 dans des rouge-orangé. Les Apoides sont d'ailleurs très avides d'eau et ne se laissent guère tenter par les surfaces jaunes enduites de glu, on en capture 8 seulement contre 100 lorsque ces pièges sont remplis d'eau. Ces Insectes ne sont pas « étroitement attachés » au milieu végétal, il n'y a pas de différences significatives entre les captures effectuées au sommet de la végétation et celles que l'on obtient en plaçant les pièges dans des endroits très dégagés, soit au milieu de clairières taillées dans la luzerne, soit dans la prairie voisine. En ce qui concerne l'emplacement favori de ces Insectes, on peut dire qu'on les rencontre essentiellement au niveau du sommet des tiges, des fleurs en l'occurrence :

TABLEAU XLVII

30 cm au-dessus du sommet des tiges	Niveau du sommet des tiges	Mi-hauteur	Au sol
28,5 %	52,5 %	19 %	0 %

Leur vol est rapide, souvent puissant, mais leur sustentation médiocre aux faibles vitesses, ils ne peuvent donc se poser « à la verticale », un faible barrage empêche leur capture par les pièges ceinturés de cylindres :

TABLEAU XLVIII

Pièges nus	Hauteur des cylindres (en cm)		
	2	4,5	9,5
46,5 %	46,5 %	7 %	0 %

Mais ils résistent fort bien aux vents, même assez forts et ceux-ci agissent davantage sur eux par leur température que mécaniquement, les vents froids paralysent donc l'activité de butinage :

TABLEAU XLIX

Vents :	de nord		de sud	
Position des pièges par rapport aux barrages :	au nord	au sud	au nord	au sud
Pourcentages de récolte	30 %	70 %	52 %	48 %

Enfin nous signalerons un comportement assez courant chez la plupart des Insectes mais que l'on s'attend moins à trouver chez les Apoïdes adaptés semble-t-il à chercher leur nourriture dans des lieux assez divers, à savoir une répugnance à survoler des substrats divers ; le tableau ci-dessous est particulièrement éloquent :

TABLEAU L

Matières	Pièges de référence	Diamètre des plateaux-supports (en cm) (pièges en leurs centres)		
		40	60	80
Bois	100	35	13	1
		100	200	
Tulle vert	100	0	0	
Plastique transparent	100	0	0	

CONCLUSION

En préalable à toute étude écologique, se pose le problème impératif et fondamental de la réalisation d'un échantillonnage valable. Avant que de l'entreprendre, il est nécessaire de se poser trois questions : comment échantillonner, où et quand ? Il convient donc avant tout de choisir le « bon » procédé, il n'en est pas de parfait, il est utile souvent d'en superposer plusieurs. De toute façon il faut avoir toujours présent à l'esprit que le moyen de capture doit tenir compte des tropismes caractéristiques de l'espèce, ou des espèces étudiées.

Donc il ne suffit pas de choisir le ou les moyens de capture connus pour être les meilleurs (bien souvent, une étude méthodologique est nécessaire, nos connaissances en la matière étant assez fragmentaires), il faut bien comprendre que les résultats des captures seront inutilisables si l'on ne choisit pas et qu'on ne dispose pas les pièges compte tenu du comportement des Insectes considérés. Également l'activité de ces Insectes, donc leur « aptitude » à être capturés en plus ou moins grand nombre varie avec l'heure du jour, sans préjuger d'ailleurs que leur localisation au sein de la végétation peut varier avec le nyctémère.

Toute étude écologique doit donc être précédée d'une étude éthologique préalable relative à l'espèce ou aux espèces considérées. Si l'on ne tient pas compte de ces données, deux échantillons successifs peuvent parfaitement ne pas être comparables, non seulement d'un jour à l'autre mais encore du matin au soir.

Il faut donc étudier le comportement des Insectes intéressés en fonction du maximum compatible de facteurs abiotiques du milieu. En ce qui concerne la température et l'hygrométrie, les travaux ne manquent pas qui ont tenté de relier le comportement des Insectes à ces facteurs. Aussi avons-nous, dans cet ouvrage, analysé l'action de quelques facteurs moins couramment considérés, entre autres le vent et l'ensoleillement ainsi que l'attractivité des radiations lumineuses (« blanches » ou colorées) réfléchies sur des plans d'eau. Nous avons également étudié la localisation de certains groupes d'Insectes dans le milieu végétal et montré qu'un même mode d'échantillonnage ne peut, en aucun cas, s'appliquer strictement à des sortes d'Insectes trop diverses.

Mais il y a des considérations plus générales qu'il ne faut pas négliger, nous voulons parler des divergences que l'on observe entre les captures effectuées par les méthodes absolues ou à l'aide de pièges. En admettant que ces deux types de méthodes présentent des résultats qualitativement comparables (ce qui n'est d'ailleurs pas le cas), on peut estimer que les pièges captureront simplement davantage de toutes les espèces d'Insectes puisque leur action est plus durable. Mais les résultats que l'on obtient avec les pièges, quels qu'ils soient, sont très déformés par rapport à la réalité ; en effet, on capturera d'autant plus d'une espèce d'Insecte que cette espèce sera davantage mobile et l'examen des échantillons pourra conduire à des conclusions non pas quelque peu mais grossièrement erronées. Si, par exemple, on dispose des pièges de façon à « drainer », en quelques heures, 1 m² de luzerne, on peut récolter 200 Calliphorides et 200 Chalcidiens et bien que la quantification de telles récoltes soit considérée comme douteuse, on inclinera à penser que ces deux sortes d'Insectes sont nombreuses à ce

moment. Si l'on opère la même récolte sous un biocoénomètre (couvrant également 1 m² de luzerne) on récoltera alors 200 Chalcidiens et... 1 ou 2 Calliphorides. On voit à quel point l'aptitude de certains Insectes à beaucoup se déplacer (ce qui multiplie leurs « chances » d'être capturés) peut apporter d'énormes distorsions dans l'appréciation de la faune. Là encore les études éthologiques préalables apparaissent comme nécessaires.

Nous proposons donc de toujours distinguer ce que nous avons appelé la *population actuelle*, quantité des Insectes que l'on peut récolter en un endroit défini, à un instant *t* et *population opérationnelle*, cette quantité augmentée de tous les Insectes qui sont venus dans le champ d'action du piège pendant le temps de l'expérience. Une telle considération n'est pas toujours absolument nécessaire. Si, dans une journée, à tout instant, on peut compter, sur une plante, 100 Insectes piqueurs qui s'en nourrissent, qu'il s'agisse toujours des mêmes ou qu'il en ait passé 1 000 qui ne soient restés que quelques instants et de telle façon qu'une centaine seulement soit toujours dénombrable, les effets de leur prédation peuvent être identiques (à moins qu'il n'y ait vection de virus et que la rapidité de développement de la maladie soit fonction de la quantité de virus inoculée). Par contre, le problème prend toute son importance si l'on considère les Insectes parasites, alors des prises instantanées ne pourront jamais rendre compte de l'importance de leur action.

Pour en revenir à ces études éthologiques que nous estimons nécessaires avant toute recherche d'ordre écologique, leur entreprise n'est pas toujours, loin de là, rebutante.

S'il s'agit de recherches démo-écologiques, le problème est simple, la plus élémentaire prudence conseille l'étude éthologique préalable.

S'il s'agit de recherches biocoénologiques, il est possible de mener l'étude éthologique à bonne fin et dans des temps convenables car les Insectes peuvent être rassemblés en divers groupes d'espèces dont les comportements sont suffisamment semblables. Au début de cette étude, nous avons exposé nos doctrines sur la conception de l'« unité biologique », conception contestable d'ailleurs si l'on ne considère pas qu'il s'agit là essentiellement d'un instrument de travail qui peut, et doit, être révisé dès que les recherches ont été menées à bonne fin. LECLERCQ, nous l'avons vu, utilise ce même concept dans un aspect essentiellement trophique ; nous avons voulu mettre en évidence, ici, que l'on pouvait aussi préciser cette notion d'unité biologique en ne considérant que les principaux aspects du comportement. D'ailleurs chaque auteur d'ouvrage de systématique « fabrique » ses propres « unités éthologiques ». Lorsque l'on écrit, par exemple : « Les Syrphides sont héliotropiques » ou : « Les Phorides ont une course rapide, saccadée, le vol est bref »... c'est éclairer le jugement du lecteur sur le comportement de la plupart des espèces de ces familles. Notons que ces données résultent souvent d'observations visuelles, de traditions écrites ou orales ; nous avons pu constater, dans la deuxième partie de cet ouvrage, que ces notions n'étaient pas absolues, que l'unité éthologique n'était pas toujours l'unité taxonomique reconnue mais, surtout, que certaines de ces notions étaient par trop sommaires. Il serait donc souhaitable que de telles études soient entreprises pour le plus grand nombre d'Insectes possible et... en plein champ.

Quoi qu'il en soit chaque règle comporte des exceptions, c'est bien normal, et, au risque d'encourir un petit pourcentage d'erreurs, il est possible d'étudier les comportements des Insectes d'une biocoénose, non pas espèce par espèce, ce qui serait démentiel, mais par unité éthologique, quitte à préciser davantage ces notions lors de la conclusion de l'étude.

Il semble donc bien que, si des chercheurs de plus en plus nombreux s'attachaient à compléter nos connaissances sur l'éthologie des Insectes, en nature, compte tenu des techniques et des méthodes dont nous disposons actuellement, les études synécologiques pourraient prendre l'essor nécessaire à la résolution des problèmes fondamentaux et économiques qui nous sont actuellement posés.

SUMMARY

FIRST PART

INTRODUCTION

In this chapter, the methods of trapping and analysing the collected samples are described. The Insects were grouped into Ethological Units, each containing taxonomically closely related species with similar biologies.

CHAPTER 1

The following main findings are described:

— *With certain exceptions (e.g. haematophagous insects, most moths) insects are attracted to any coloured receptacle filled with water.*

— *The most effective colour was a greenish yellow: traps of that colour collected three times as many insects as did green, white or red-orange ones. Pink or blue receptacles are relatively ineffective.*

— *Certain insects (Sciaridae, Cecidomyiidae . . .) are however, apparently little affected by the colour, but chiefly by the presence of water (for example, among Cecidomyiids, 25.1 % are collected in the orange containers, 28.6% in the yellow ones, 25 % in the green and 21.2 % in the white).*

— *Large numbers of insects are also captured with empty receptacles smeared with bird-lime. This method is just as effective for trapping Dolichopodidae and Chironomidae. For these, then, attraction would appear to be due not to water (as such) but to the reflection of sun and sky on its horizontal reflecting phase. Moreover, traps in which the water has been covered with a thin layer of paraffine, sufficient to prevent all evaporation and therefore an increased hygrometric concentration above the trap, capture as many insects as do the classic traps.*

— *Multicoloured traps are highly selective for certain species. For example, ten times as many Ephydra riparia are collected in a yellow plate with a greenish-bronze ring around it, as in a plain yellow one.*

— *At sun-set, at the moment when the sun appears orange-red, receptacles of that colour trap the greatest number of insects (thus, at this time of day such receptacles capture 40 % more insects than yellow ones, whereas during the middle of the day the yellow receptacles trap 45% more insects than the orange-red ones).*

CHAPTER 2

— *The most efficient trap is obtained by adding a wetting product to the water. All such products produced similar results and no substance specific action seemed to be involved.*

— *A trap consisting of a mirror supporting a Petri dish containing water with a wetting substance is almost as effective as a green, white or orange receptacle. Comparative figures for Thysanoptera are: 18 on the mirror for 100 in a yellow plate; but 95 on the mirror for a 100 in a green plate (yellow receptacles are 8.3 times as effective as green ones for capturing these insects).*

— *Coloured traps are rather ineffective in the shade. This appears to be due not to the different "micro-climate" but to the lower intensity of reflected light rays. If a yellow recipient in the sun is divided by a perfectly transparent partition vertical to the sun's rays, four or five times as many insects collect on the side which is opposite to the sun, that is on the side which is the more reflective.*

— *Black receptacles make very poor traps, unless they are deep and have a mat non-reflective bottom giving an impression of depth.*

CHAPTER 3

— The distance at which coloured receptacles attract seems low. We were unable to make accurate measurements of this, but direct observations showed that insects did not direct themselves towards the traps when they were more than 30 or 40 cms away.

— The yellow traps serve as fine prospecting or sampling devices of the different biotopes, and often result in captures usually considered as rare (e.g. the males of *Dryinidae* and of *Strepsiptera*).

— Larger receptacles tend to collect more insects but (within the limits of 125 and 270 cm²) the numbers captured are not proportional to the surface area. As regard this relation, there are wide inter-specific differences.

— The flight method of certain species was also analysed. By surrounding yellow traps with perfectly transparent enclosures, we captured in great numbers those species capable of a vertical landing (e.g. *Nematoceros* Diptera) and very few of those which make an oblique landing (e.g. *Cyclorrhaphous* Diptera).

SECOND PART

CHAPTER 5

— We were able to analyse finely the spatial distribution of the Insect fauna. As regards Chalcids, 43% were found at the top of stems, 34 % at mid-height, the rest near the ground. For Serphoids the corresponding figures were 28.7%, 39% and 32.2%. Along the fringes of a biotope this distribution becomes modified, those species normally found in the top levels of the vegetation occur towards the ground and those belonging to the shaded epigaion of the lucerne disappear altogether.

— We were furthermore able to study the extent to which different species will frequent an unusual habitat. In the case of a field of lucerne for instance, insects will willingly fly over a small mown area, and traps placed at its centre capture an even greater number than those at the edge. For an area with a diameter of 1. m, centrally placed traps capture 50% more insects than peripherally situated ones; for an area of 1 m diameter, the excess is of the order of 22.5%, and for 0.6 m diameter it is 13.5%. On the other hand insects avoid flying over unusual "substrates". For instance, a trap placed at the centre of a transparent plastic sheet of 2 m diameter, stretched over an area of lucerne, collected 2.3 times as few insects than did a similar one at its periphery; but only twice as few when the sheet was made of green nylon tulle.

CHAPTER 6

— As for all the traps, the insects must come within an effective range. This will occur if the local micro-climate is suitable; and we have found the quantity of insects trapped to be correlated with the incident solar energy.

— With vertical barriers over the field, made of transparent plastic material, the insects are more active (and more are captured) to the leeward side of the barrier. For example, with a barrier oriented in a east-west direction, and the wind blowing from the north, the greatest number of captures will be made on the south side (e.g. for *Calliphoridae*: 68.8% were captured to the south of the barrier against 31.1% to the north). This does not however hold for all insects, and irrespective of wind direction certain species are always trapped in greater number on the north side or, on the contrary, on the south side (e.g. *Apoids*).

— We have furthermore, and as a result of intensive and exhaustive trapping by means of yellow plates in enclosures of 4 m², been able to observe a population decrement, allowing us to estimate the biomass using the method, among others, of the regression coefficient.

In conclusion, we draw attention to the limitations of all sampling methods.

The sample-counts obtained by all traps, of whatever nature, give a distorted picture of the existing fauna. Only insects "which are willing to be captured" by a particular trap are obtained in a particular case. For example, Syrphids are virtually never captured by suction traps; the haematophagous insects never by coloured traps. The climatic conditions of the moment must, moreover, be favourable. No single method gives an accurate measure, since in all cases the more mobile species are captured in a higher proportion of their density, than others. The obtained values should ideally, be corrected by an index of mobility, calculated for each species.

In any case, we have to make a distinction between the population counts made by absolute and by trapping methods. The first (the absolute methods) concern what may be termed the actual population which we define as the number of insects present in a precisely delimited place at a given time. Trapping methods provide an indication of the operational population, which we define as the actual population together with all the insects which have entered the "area of action" of the trap during the time of trapping. The latter insects will have had the opportunity of exercising an influence on the biocenosis, either by their effect on the vegetation, or by interaction with others.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS (L.), 1951 : « Confidence limits for the Petersen or Lincoln index used in animal population studies », *J. Wildlife Man*, **15**, 13-19.
- ALIKHAN (M. A.), 1961 : « Population estimation techniques for studies on the black bean aphid, *Aphis fabae* Scop. », *Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska (C)*, **14**, 83-92.
- ALLEE (W. C.), PARK (O.), EMERSON (A. E.), PARK (T.), SCHMIDT (K. P.), 1959 : *Principles of animal ecology*, 937 p., 2^e édit., Saunders & Co, Philadelphia and London.
- ANDREEV (S. V.) et all., 1963 : « Radioisotopes and radiation in animal and plant insect pest control » (en russe), *Inst. atom. Energy Ag., STI/PUB.*, **74**, 115-132.
- ANDREWARTHA (H. G.), 1963 : *Introduction to the study of animal populations*, 281 p., 2^e édit., Univ. of Chicago Press.
- ANDRZEJEWSKA (L.), 1964 : « Differentiation of vertical distribution of *Cicadella viridis* L. in meadow habitat », *Polsk. p. Ent.*, B, 33-34, **9**, 93-96.
- ANDRZEJEWSKI (R.), DOMINAS (H.), TARWID (K.), 1964 : « Interspecies competition and the integrality of an animal population », *Ekol. Pol.*, B, 10, **3**, 173-181.
- ANON., 1963 : *Radioisotopes and ionizing radiations in entomology*, Bibl. Serv. Inst. Atom. Energy Ag., **9**, 414 p.
- BACKER (S. de), 1952 : « Techniques d'étude des microclimats en écologie terrestre », *Ann. Biol.*, **28**, 297-307.
- BAILEY (N. T.), 1952 : « Improvements in the interpretation of recapture data », *J. anim. Ecol.*, **21**, 120-127.
- BALOGH (J.), LOKSA (J.), 1956 : « Untersuchungen über die Zoozönose des Luzernfeldes », *Acta Zool. (Budapest)*, **2**, 17-114.
- BANKS (C. J.), 1955 : « The use of radioactive tantalum in studies the behaviour of small crawling insects of plants », *Br. J. anim. Behaviour*, **3**, 158-159.
- BEALL (G.), 1935 : « Study of arthropod populations by the method of sweeping », *Ecology*, **16**, 216-225.
- BELTON (P.), KEMPSTER (R. H.), 1963 : « Some factors affecting the catches of Lepidoptera in light traps », *Canad. Ent.*, **95**, 832-837.
- BILLINGS (W. O.), MORRIS (R. I.), 1951 : « Reflexion of visible and infra-red radiations from leaves of different ecological groups », *Amer. J. Bot.*, **38**, 327-331.
- BLEST (A. D.), 1957 : « Function of eyespot patterns in Lepidoptera », *Behaviour*, **11**, 207-263.
- BODENHEIMER (F. S.), SHIFFER (M.), 1951 : « Mathematical studies in animal populations », *Acta Biotheoretica*, **10**, 23-56.
- BONESS (M.), 1953 : « Die Fauna der Wiesen unter besonderer Berücksichtigung der Mahd (ein Beitrage zur Agrarökologie) », *Zeist. Morph. Oekol. Tiere*, **42**, 225-277.
- BONESS (M.), 1958 : « Biocoenotische Untersuchungen über die Tierwelt von Klee- und Luzernfeldern », *Zeist. Morph. Oekol. Tiere*, **47**, 309-373.
- BOURLIÈRE (F.), LAMOTTE (M.), 1962 : « Les concepts fondamentaux de la synécologie quantitative », *La Terre et la Vie*, **4**, 329-350.

- BOWNESS (J. M.), WOLKEN (J. J.), 1959 : « A light sensitive yellow pigment from the house fly », *J. Gen. Physiol.*, **42**, 779-792.
- BRADLEY (R. H. E.), 1952 : « Methods of recording aphid populations on potatoes and the distribution of species on the plant », *Canad. Ent.*, **84**, 93-102.
- BROADBENT (L.), 1950 : « The microclimate of the potato-crop », *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, **76**, p. 330.
- BULLOCK (J. A.), 1963 : « Extraction of Thysanoptera from samples of foliage », *J. econ. Entom.*, **56**, 612-614.
- BURNETT (T.), 1953 : « Effects of temperature and parasite density of the rate of increase of an Insect parasite », *Ecology*, **34**, 322-328.
- BURSELL (E.), 1957 : « The effect of humidity on the activity of tse-tse flies », *J. exp. Biol.*, **34**, 42-51.
- BUTLER (G. D.), 1965 : « A modified Malaise insect trap », *Pan. Pacif. Ent.*, **41** (1), 51-53.
- CARPENTER (J. R.), 1936 : « Quantitative community studies of land animals », *J. anim. Ecol.*, **5**, 231-245.
- CARPENTER (J. R.), 1939 : « Fluctuation in biotic communities. V : Aspection in a mixed-grass prairie in central Oklahoma », *Amer. Mid. Natur.*, **22**, 420-435.
- CAUSSANEL (C.), 1965 : « Recherches préliminaires sur le peuplement de Coléoptères d'une plage sableuse atlantique », *Ann. Soc. ent. France*, (NS), **1**, 197-248.
- CHAMBERLIN (J. C.), 1940 : *A mechanical trap for the sampling of aerial insect populations*, USDA Bur. Ent. Pl. Quart. ET, 163, 12 p.
- CHAN (D. A.), 1962 : « A brushing method for collecting mites and small insects from leaves », *Progress in soil Zoology*, **1**, 222-225.
- CHAO (Y.), PETERSON (A.), 1952 : « A new type of aspirator », *J. econ. Ent.*, **45**, 751.
- CHAPMAN (J. A.), KINGHORN (J. M.), 1955 : « Window-trap for flying insects », *Canad. Ent.*, **82**, 46-47.
- CHAUVIN (R.), AGUILAR (J. d'), 1946 : « Les données récentes de la microclimatologie et leur importance en Écologie entomologique », *Ann. Biol.*, **22**, 7-9 et 165-195.
- CHAUVIN (R.), 1948 : « Sur le preferendum thermique des Insectes. I : Les techniques d'étude du thermo-preferendum », *Physiol. comp. Oecol.*, **1**, 76-88.
- CHAUVIN (R.), 1948 : « De la méthode en Écologie entomologique », *Rev. Scient.*, **86**, 627-633.
- CHAUVIN (R.), 1949 : « Sur un modèle de psychromètre adapté à l'étude du microclimat », *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **74**, 320-321.
- CHAUVIN (R.), 1949 : « Sur la prise des échantillons en Écologie entomologique », *Ann. Sc. Nat. Zool.*, **11**, 2^e série.
- CHAUVIN (R.), 1950 : « Méthodes de mesures physiques et méthodes de prélèvement en Écologie entomologique », *Coll. int. Écol. CNRS*, 313-323.
- CHAUVIN (R.), 1952 : « Étude d'Écologie entomologique sur le champ de luzerne. I : Méthodes, sondages préliminaires », *Ann. INRA*, 61-82.
- CHAUVIN (R.), LEPOINTE (J.), 1954 : « Écologie des arbres. Méthodes de capture de la faune du tronc et des branches », *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **79**, 444.
- CHAUVIN (R.), 1956 : « Quelques phénomènes étranges en rapport avec la météorologie et qui intéressent les biologistes », *Ann. Biol. Paris*, **32**, 233-245.
- CHAUVIN (R.), 1956 : « Réflexions sur l'Écologie entomologique », *Rev. Zool. agric.*, I, 55, 38-57 ; II, 55, 86 et 100 ; III, 56, 19-27 ; IV, 56, 55-71.
- CHAUVIN (R.), LECOMTE (J.), 1958 : « Études d'Écologie entomologique sur le champ de luzerne. II : Évolution de la faune au cours de l'année et pendant le nycthémère », *Vie et Milieu*, **9**, 171-178.
- CHAUVIN (R.), 1960 : « La faune du champ cultivé et surtout du champ de luzerne. Revue des travaux récents », *Rev. Zool. agric. appl.*, 1^{er} à 4^e trim., 56 p.
- CHAUVIN (R.), ROTH (M.), 1966 : « Les récipients de couleur, technique nouvelle d'échantillonnage entomologique », *Rev. Zool. agric. appl.*, **4-6**, 78-81.
- CHMURZYNSKY (J. A.), 1957 : « Preliminary notes on the colour preferences of females *Bembex rostrata* », *Ekol. Polska*, **5**, 13 p.
- CLOSE (L. C.), 1946 : « Sticky traps for winged aphids », *N.Z.J. agric. Res.*, **2**, 375-379.

- COINEAU (Y.), 1962 : « Nouvelles méthodes de prospection de la faune entomologique des plantes herbacées et ligneuses », *Bull. Soc. ent. Fr.*, **67**, 115-119.
- COON (B. F.), RINICKS (H. B.), 1962 : « Cereal aphid capture in yellow baffle trays », *J. econ. Ent.*, **55**, 407-408.
- CRAIG (C. C.), 1953 : « On the utilisation of marked specimens in estimating populations of flying insects », *Biometrika*, **40**, 170-176.
- CRAIG (C. C.), 1953 : « On a method for estimating biological populations in the field », *Biometrika*, **40**, 216-218.
- CROSSLEY (D. A.), HOGLUND (M. P.), 1962 : « A litter-bag method for the study of microarthropods inhabiting leaf litter », *Ecology*, **43**, 571-573.
- CUMBER (A.), 1958 : « The insect complex of sown pastures in the north island. I : The general picture revealed by summer sweep sampling, *New Zeal. J. agric. Res.*, **1**, 5, 719-749.
- DAVIS (J. M.), NAGEL (R. H.), 1956 : « A technique for tagging large numbers of live adult insects with radioisotopes », *J. econ. Ent.*, **49**, 210-211.
- DELANY (M. J.), 1954 : « Studies on the microclimate of *Calluna* heathland », *J. anim. Ecol.*, **22**, 227-239.
- DELONG (D. M.), 1932 : « Some problems encountered in the estimation of insect populations by the sweeping method », *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **25**, 13-17.
- DEMPSTER (J. P.), 1961 : « A sampler for estimating populations of active insects upon vegetation », *J. anim. Ecol.*, **30**, 425-427.
- DIEM (M.), 1954 : « Das Mikroklima in einem kunstlich beregneten Tabakbestand », *Arch. Meteor. Geoph. Bioklim.*, **5**, 216-233.
- DIGBY (P. S. B.), 1958 : « Flight activity in the blowfly *Calliphora erythrocephala*, in relation to light and radiant heat with special reference to adaptation », *J. exp. Biol.*, **35**, 1-19.
- DODGE (H. R.), SEAGO (J. M.), 1954 : « *Sarcophagidae* and other *Diptera* taken by trap and net on Georgia mountain summits in 1952 », *Ecology*, **35**, 50-59.
- DOWDESWELL (W. H.), 1959 : *Practical animal ecology*, London, 316 p.
- DOWDY (W. W.), 1951 : « Further ecological studies on stratification of arthropods », *Ecology*, **32**, 37-52.
- DUVIARD (D.), 1967 : *Écologie du Domaine de Brouëssy : étude botanique et entomologique*, Multigraphie ORSTOM.
- DUVIGNEAUD (P.) & all., 1963 : « Écosystèmes et biosphère », *Document*, **23**, 2, 130 p.
- ELTON (C.), 1946 : « Competition and the structure of ecological communities », *J. anim. Ecol.*, **15**, I, 54-68.
- EMSLEY (M. G.), 1957 : « A coarse method for estimating Mirid populations in the field », *Emp. Cotton Grow. Rev.*, **34**, 191-195.
- EVANS (F. C.), CLARK (P. J.), BRAND (R. H.), 1955 : « Estimation of the number of species present in a given area », *Ecology*, **36**, 342-343.
- FENTON (F. A.), HOWELL (D. E.), 1957 : « A comparison of five methods of sampling alfalfa fields for arthropod populations », *Ann. ent. Soc. Amer.*, **50**, 606-611.
- FISCHER (R. A.), CORBET (A. S.), WILLIAMS (C. B.), 1943 : « The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population », *J. anim. ecol.*, **12**, 45-58.
- FORSYTHE (H. Y.), GYRISCO (G. G.), 1963 : « The spatial pattern of the pea aphid in alfalfa fields », *J. econ. Ent.*, **56**, 104-107.
- FRANCKE-GROSMANN (H.), 1963 : « Some new aspects in forest entomology », *Ann. Rev. Ent.*, **8**, 415-438.
- FROST (S. W.), 1953, 1954 : « Responses of insects to black and white light », *J. econ. Ent.*, **46** (2), 376-377 ; **47**, 275-278.
- FROST (S. W.), 1955 : « Responses of insects to ultra-violet lights », *J. econ. Ent.*, **48**, 155-156.
- FROST (S. M.), 1957 : « The Pennsylvania insect light trap », *J. econ. Ent.*, **50**, 287-292.
- FROST (S. W.), 1958 : « Insects attracted to light traps placed at different heights », *J. econ. Ent.*, **51**, 550-551.

- GEIGER (R.), 1950 : « The climate near the ground », *Harvard Univ. Press*, p. 481.
- GHILAROV (M. S.), 1954 : « Espèce, population et biocoénose » (en russe), *J. Zool.*, **33**, 4, 769-777.
- GILBUT (I. H.), GOUCK (H. K.), 1957 : « Influence of surface colours on mosquito landing rates », *J. econ. Ent.*, **50**, 679-680.
- GILLIES (M. T.), 1961 : « Studies on the dispersion and survival of *Anopheles gambiae* Giles in east Africa, by means of marking and release experiments », *Bull. ent. Res.*, **52**, 99-127.
- GILLON (Y.), GILLON (D.), 1965 : *Recherche d'une méthode quantitative d'analyse du peuplement d'un milieu herbacé*, II, Coll. études popul. Anim., ENS, Paris.
- GILLON (Y.), 1967 : *Principes et méthodes d'échantillonnage des populations naturelles terrestres en Écologie entomologique*, Multigraphie ORSTOM.
- GLEASON (H. A.), 1952 : « On the relation between species and area », *Ecology*, **3**, 158-162.
- GLICK (P. A.), 1955 : « Responses of moths of the pink bollworm and other cotton insects to certain ultra-violet and visibles radiations », *J. econ. Ent.*, **48**, 173-177.
- GOOD (I. J.), TOULMIN (G. H.), 1956 : « The number of new species and the increase in population average when a sample is increased », *Biometrika*, **43**, 45-63.
- GRAY (H. E.), TRELOAR (A. E.), 1933 : « On the enumeration of insect populations by the method of nercollection », *Ecology*, **14**, 356-367.
- GREEN (G. Y.), 1953 : « A new type of coprometer for laboratory and field use », *Canad. Ent.*, **85**, 227-230.
- GREENSLADE (P. J. M.), 1964 : « Pitfall trapping as a method for studying populations of *Carabidae* », *J. anim. Ecol.*, **33**, 301-310.
- GRESSITT (J. L.), GRESSITT (M. K.), 1962 : « An improved Malaise trap. », *Pacific Insects*, **4**, 87-90.
- GUI (H. L.), PORTER (L. C.), PRIDEAUX (G. F.), 1942 : « Responses of Insects to colour intensity and distribution of light », *Agric. Engin.*, **23**, 51-58.
- GUYER (G.), HUTSON (R.), 1955 : « A comparison of sampling techniques utilised in an ecological study of aquatic insects », *J. econ. Ent.*, **48**, 622-665.
- HAIRSTON (N. G.), 1964 : « Studies on the organization of animal communities », *J. anim. Ecol.*, **33** (suppl.), 227-239.
- HANSEN (M. H.), HURWITZ (W. N.), MADOW (W. G.), 1953 : *Sample survey methods and theory*, Vol. 1, New York.
- HARDY (A. C.), MILNE (R. S.), 1938 : « Studies in the distribution of insects by aerial currents », *J. anim. Ecol.*, **7**, 198-229.
- HEATHCOTE (G. D.), 1957 : « The comparison of yellow cylindrical, flat and water traps and of Johnson suction traps, for sampling aphids », *Ann. appl. Biol.*, **45**, 133-139.
- HEATHCOTE (G. D.), 1957 : « The optimum size of sticky aphid traps », *Plant. Path.*, **6**, 104-107.
- HEIKINHEIMO (O.), RAATIKAINEN (M.), 1962 : « Comparison of suction and netting methods in population investigations concerning the fauna of grass leys and cereal fields, particularly in those concerning the leaf hoppers *Calligypona pellucida* F. », *Publ. Finn. St Agric. Res. board*, **191**, 1-29.
- HELSON (G. A. H.), 1958 : « Aphid populations : Ecology and methods of sampling aphids *Myzus persicae* Sulz. and *Aulacorthum solani* Kltb., N.Z. », *Entomologist*, **2**, 20-23.
- HENDERSON (C. F.), 1956 : « A sampling fork for estimation populations of small arthropods », *U.S. Dept. Agric. ARS*, 13-18.
- HENSON (W. R.), 1954 : « A sampling system for Poplar insects *Canad.* » *J. Zool.*, **32**, 421-433.
- HILLS (O. A.), 1933 : « A new method for collecting samples of insect populations », *J. econ. Ent.*, **26**, 906-910.
- HINTON (H. E.), 1954 : « Radioactive tracers in entomological research », *Sci. Progr.*, London, **42**, 292-305.
- HOLLINGWORTH (J. P.), BRIGGS (C. P.), GLICK (P. A.), GRAHAM (H. M.), 1961 : « Some factors influencing light trap collections », *J. econ. Ent.*, **54**, 305-308.
- HORSFALL (W. R.), 1962 : « Trap for separating collections of insects by interval », *J. econ. Ent.*, **55**, 808-811.
- HOYLE (G.), 1954 : « Functioning of the insect ocellar nerve », *J. exp. Biol.*, **32**, 397-407.

- HUDSON (A.), 1956 : « The behaviour of the female mosquito in selecting water for oviposition », *J. exp. Biol.*, **33**, 487-493.
- HURPIN (B.), 1956 : « Influence des conditions atmosphériques sur les sorties préalimentaires du hanneton commun (*Melolontha melolontha* L.) », *Ann. Épiphyt.*, **C 7**, 333-361.
- HUTCHINS (R. E.), 1940 : « Insect activity at a light trap during various periods of the night », *J. econ. Ent.*, **33**, 4, 654-657.
- ITO (Y.), GOTOH (A.), MIYASHITA (K.), 1960 : « On the spatial distribution of *Pieris rapae crucivora* population », *Jap. J. appl. Ent. Zool.*, 141-145.
- IWAO (S.), 1956 : « On a method for estimating the rate of population interchange between two areas », *Res. Popul. Ecol.*, **5**, 44-50.
- JACKSON (G. G.), 1939 : « The analysis of an animal population », *J. anim. Ecol.*, **8**, 238-246.
- JACKSON (G. G.), 1950 : « The comparison of suction trap, sticky trap and townet for the quantitative sampling of small airborne insects », *Ann. appl. Biol.*, **37**, 268-285.
- JACKSON (G. G.), TAYLOR (L. R.), 1955 : « The measurement of insect density in the air, I-III », *Laboratory practice*, **4**, 187-192 et 268-285.
- JACKSON (G. G.), TAYLOR (L. R.), 1955 : « The development of large suction traps for airborne insects », *Ann. appl. Biol.*, **43**, 51-61.
- JANDER (R.), 1957 : « Die optische Richtungsorientierung der Roten Waldameise, *Formica rufa* », *Z. vergl. Physiol.*, **40**, 162-235.
- JOHNSON (C. G.), 1950 : « A suction trap for small airborne insects which automatically segregates the catch into successive hourly samples », *Ann. appl. Biol.*, **37**, 80-91.
- JOHNSON (C. G.), SOUTHWOOD (T. R. E.), ENTWISTLE (H.), 1957 : « A new method for extracting arthropods and molluscs from grassland and herbage with a suction apparatus », *Bull. Ent. Res.*, **48**, I, 211-218.
- JUILLE (J. A.), 1963 : « A comparison of four types of traps used for capturing flying insects », *Canad. J. Zool.*, **41**, 219-223.
- KALMUS (H.), 1958 : « Responses of insects to polarized light in the presence of dark reflecting surfaces », *Nature*, **182**, 1256-1257.
- KALMUS (H.), 1959 : « Orientations of animals to polarized light », *Nature*, **184**, 228-230.
- KATO (M.), 1963 : « Microclimate of the flowers of *Chrysanthemum leucanthemum* and the behaviour of a dermestid beetle *Anthrenus verbasci* », *Seitaigaku Kenkyu*, **9**, 179-186.
- KONO (T.), 1953 : « Estimation d'un peuplement d'Insectes par unité de temps de récolte » (en japonais), *Res. popul. Ecol.*, **2**, 85-94.
- KOVROV (B. G.), MONCHADSKII (A. S.), 1963 : « Les possibilités d'utilisation de la lumière polarisée pour la capture des insectes » (en russe), *Ent. Obozr.*, **42**, 49-55.
- KUWABARA (M.), NAKA (K.), 1959 : « Responses of a single retinula cell to polarized light », *Nature*, **184**, 455-456.
- LAMB (K. P.), 1958 : « Aphid sampling », *N.Z. Entomologist*, **2**, 6-11.
- LAMOTTE (M.), AGUESSE (P.), ROY (R.), 1962 : « Données quantitatives sur une biocoénose ouest-africaine : la prairie montagnarde du Nimba (Guinée) », *La Terre et la Vie*, **4**, 351-370.
- LEGAY (J. M.), 1963 : « A propos de la répartition de la Cécidomyie du hêtre, *Mikiola fagi*. Un exemple de distribution binomiale négative », *Ann. Épiphyt.*, **14**, 49-56.
- LE PELLEY (R. H.), 1942 : « A new method for sampling thrips populations », *Bull. Ent. Res.*, **33**, 147-148.
- LEPOINTE (J.), 1956 : « Méthodes de capture dans l'Écologie des arbres », *Vie et Milieu*, **7**, 233-241.
- LINDQUIST (A. W.), 1952 : « Radioactive materials in entomological research », *J. econ. Ent.*, **45**, 264-270.
- LINKE (F.), 1943 : « Die Zahl der Sättigungstunden, ein neues bioklimatisches Element », *Biokli. Beibl.*, **10**, 70-73.
- LOOMIS (E. C.), 1959 : « A method for more accurate determination of air volume displacement of light traps », *J. econ. Ent.*, **52**, 343-345.
- LORENZ (O. A.), 1950 : « Air and soil temperatures in potato fields during spring and early summer », *Amer. Potato J.*, **27**, 396-407.

- LYONS (L. A.), 1964 : « The spatial distribution of two pine sawflies and methods of sampling for the study of population dynamics », *Canad. Ent.*, **96**, 655-666.
- MACFADYEN (A.), 1963 : *Animal ecology. Aims and methods*, Pitman & Sons, London, 2^e édit., 344 p.
- MACLEOD (J.), 1958 : « The estimation of numbers of mobile insects from low incidence recapture data », *Trans. R. Ent. Soc. London*, **110**, 363-392.
- MALAISE (R.), 1937 : « A new insect trap », *Ent. Tidskr.*, **58**, 148-160.
- MAW (M. G.), 1964 : « An effect of static electricity on captures in insect traps », *Canad. Ent.*, **96**, p. 1482.
- MELLANBY (K.), 1962 : « Sticky traps for the study of animals inhabiting the soil surface », in MURPHY, P. W. ; *Progress in soil Zool.*, 226-227.
- MEL'NICHENKO (A. N.), 1949 : *Les ceintures-abris forestières des steppes de la Trans-Volga et leurs effets sur la multiplication des animaux utiles et nuisibles à l'Agriculture* (en russe), Moscou.
- MENHINICK (E. F.), 1963 : « Estimation of insect population density in herbaceous vegetation with emphasis on removal sweeping », *Ecology*, **44**, 617-621.
- MIKOLAJSKI (M.), 1961 : « Relation quantitative de *Lygus pratensis* L. et de *Lygus rugulipennis* Popp (*Miridae*) dans les champs de trèfle et de luzerne des provinces d'Olsztyn » (en polonais), *Zeszyt. Nank. Wyzsz. Szk. roln.*, Olsztynie, **11**, n° 1100, 151-161.
- MILNE (A.), 1957 : « Theories of natural control of insect populations », *Cold Spring Harbor Symposium of quantitative Biology*, **22**, 253-271.
- MOERICKE (V.), 1955 : « Sur l'influence des surfaces blanches sur le comportement des Insectes phytophages pendant le vol d'attaque » (en allemand), *Z. Pflanzenkrankh u. Pflanzenschutz*, **62**, 588-593.
- MORELAND (C.), 1954 : « A mind frame for trapping insects in flight », *J. econ. Ent.*, **47**, p. 944.
- MORISITA (M.), 1954 : « Estimation of population density by spacing method », *Mem. Fac. Sc. Kyushu Univ.*, **E 1**, 187-197.
- MORISITA (M.), 1959 : « Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns », *Mém. Fac. Sc. Kyushu Univ.*, **E (Biol.) 2**, 215-235.
- MORRIS (R. F.), 1942 : « The use of frass in the identification of forest insect damage », *Canad. Ent.*, **74**, 164-167.
- MORRIS (R. F.), 1955 : « The development of sampling techniques for forest insect defoliators, with particular reference to the spruce budworm », *Canad. J. Zool.*, **23**, 225-294.
- MORRIS (R. F.), 1960 : « Sampling insect populations », *A. Rev. Ent.*, **5**, 243-264.
- MUIR (R. C.), GAMBRILL (R. G.), 1960 : « A note on the knockdown method for estimating numbers of insect predators on fruit trees », *Ann. Rep. E. Mallng Res. Sta.*, 1959, 109-111.
- MUSGRAVE (A. J.), 1949 : « The use of fluorescent materials for marking and detecting insects », *Canad. Ent.*, **81**, p. 173.
- NICHOLLS (C. F.), 1960 : « A portable mechanical insect trap », *Canad. Ent.*, **92**, 48-51.
- ODUM (E. P.), 1959 : *Fundamentals of ecology*, 546 p., 2^e édit., Saunders C^o, Philadelphia and London.
- ODUM (E. P.), PONTIN (A. J.), 1961 : « Population density of the underground ant, *Lasius flavus*, as determined by tagging P³² », *Ecology*, **42**, 186-188.
- PARK (T.), LLOYD (M.), 1955 : « Natural selection and the outcome of competition », *Amer. Natur.*, **89**, 235-240.
- PERTTUNEN (V.), 1959 : « Effect of temperature on the light reactions of *Blastophagus piniperda* », *Ann. Ent. Fenn.*, **25**, 65-71.
- PIENKOWSKI (R. L.), MEDLER (J. T.), 1955 : « Effects of alfalfa cuttings on the potato leafhopper *Empoasca fabae* », *J. econ. Ent.*, **55** (6), 973-978.
- PLANQUETTE (P.), 1964 : *Recherches écologiques sur le peuplement animal d'un arbuste de savane : Bauhinia thonningii*. In litt.
- PRADHAN (S.), MENON (R.), 1945 : « Insect populations studies. I. Distribution and sampling of spotted bollworm of cotton », *Proc. Nat. Inst. Sci. India*, **6** (2), 61-73.
- PRADHAN (S.), 1957 : « The ecology of arid zone insects (excluding locusts and grasshoppers) », *Arid zone Res. UNESCO*, **8**, 199-240.

- PRILOP (H.), 1957 : « Untersuchungen über die Insektenfauna von Zuckerrübenfelder in der Umgebung Göttingen », *Z. angew. Zool.*, **44**, 447-507.
- RACE (S. R.), 1960 : « A comparison of two sampling techniques for *lygus* bugs and stink bugs on cotton », *J. econ. Ent.*, **53**, 689-690.
- RICHARDS (O. W.), 1961 : « The theoretical and practical study of natural insect populations », *A. Rev. Ent.*, **6**, 147-162.
- RICOU (G.), 1955 : « Perspectives de l'Écologie entomologique en Agronomie », *Rev. Soc. Sav. Hte Normandie*, **37**, Sci., 95-103.
- RICOU (G.), 1967 : « Étude biocoénétique d'un milieu ' naturel ', la prairie permanente pâturée » (Thèse Dr Sci.), *Ann. INRA*, Paris.
- ROTH (M.), 1963 : « Comparaison de méthodes de capture en Écologie entomologique », *Rev. Path. Vég. et Ent. Agric.*, **42**, 177-197.
- ROTH (M.), COUTURIER (G.), 1966 : « Les plateaux colorés en Écologie entomologique », *Ann. Soc. Ent. France*, **2**, 361-370.
- ROTH (M.), 1966 : « A propos de quelques Insectes rares ou peu communs capturés aux pièges colorés », *Bull. Soc. Ent. France*, **71**, 112-113.
- ROTH (M.), COUTURIER (G.), GUTTIEREZ (J.), 1968 : « Comparaison de divers types de pièges gluants », *Ann. Soc. Ent. France (NS)*, **4** (1), 81-90.
- ROTH (M.), 1968 : « Principe de la Synécologie analytique et méthodes récentes d'échantillonnage en Écologie entomologique », *Rev. Zool. agric. et appl.*, **1-3**, 21-26.
- RYCROFT (H.), 1949 : « Random sampling of rainfall », *J.S. Afr. Forest Ass.*, **18**, 71-78.
- SARTOR (M. H.), OERTEL (J. C.), 1963 : « Portable black-light trap : bettery and AC operation », *J. econ. Ent.*, **56**, p. 536.
- SCHNEIDER (F.), 1962 : « Dispersal and migration », *Ann. Rev. Ent.*, **7**, 233-242.
- SCHWENKE (W.), 1956 : « Über Biocönosentypen, Populatiostypen und Gradocöntypen, ein Beitrag zur biocönologischen Fundierung der Massenwechsel-Erforschung des Insekten », *Ber. Hundertj. dtsh. ent. Ges.*, Berlin, 106-117.
- SHACKLEFORD (M. W.), 1939 : « New methods of reporting ecological collections of prairie arthropods », *Amer. Mid. Natur.*, **22**, 676-683.
- SHELFOR (V. E.), 1929 : *Laboratory and field ecology*, 608 p., Williams & Wilkins, Baltimore.
- SHINOZAKI (K.), URATA (N.), 1953 : « Apparent abundance of different species and heterogeneity », *Res. Popul. Ecol.*, **6**, 79-87.
- SKUHRÁVY (V.), 1958 : « Méthodes utilisées pour l'étude des agrobiocoénoses en Tchécoslovaquie » (en polonais), *Ekol. Pol.*, **B, 4**, 3, 225-230.
- SKUHRÁVY (V.), NOVÁK (K.), STARY (P.), 1959 : « Entomofaune du trèfle, *Trifolium pratense* » (en tchèque), *Rozpravy CSAV*, **69**, 7, 1-83.
- SMITH (P. N.), TAYLOR (J. G.), APPLE (J. W.), 1959 : « A comparison of insect traps equipped with 6- and 15-watt black light lamps », *J. econ. Ent.*, **52**, 1212-1214.
- SOLOMON (M. E.), 1957 : « Dynamics of insect populations », *Ann. Rev. Ent.*, **2**, 121-142.
- SOUTHWOOD (T. R. E.), PLEASANCE (H. J.), 1962 : « A hand-operated suction apparatus for the extraction of arthropods from grassland and similar habitats », *Bull. Ent. Res.*, **53**, 125-128.
- SOUTHWOOD (T. R. E.), 1966 : *Ecological methods*, 391 p., Methuen & Co Ltd, London.
- STRICKLAND (A. H.), 1961 : « Sampling crop pests and their hosts », *A. Rev. Ent.*, **6**, 201-220.
- TAIMR (L.), BLABOLA (J.), 1963 : « Radioisotopes as tracers used for migration studies of the leafhopper species *Calligypona pellucida* F. », *Acta agron.*, **12**, 3-4, 321-334.
- TAYLOR (L. R.), 1955 : « The standardization of air flow in insect suction traps », *Ann. appl. Biol.*, **43**, 390-408.
- TAYLOR (L. R.), 1962 : « The efficiency of cylindrical sticky insect traps and suspended nets », *Ann. appl. Biol.*, **50**, 681-685.
- THORNTON (C. W.), MATHER (J. R.), « The role of evapotranspiration in climate », *Arch. Meteor. Geoph. Bioklim.*, **11**, 16-39.

- THORSTEINSON (A. J.), BRACKEN (G. K.), HANEC (W.), 1965 : « The orientation behaviour of horse flies and deer flies (*Tabanidae*). III. The use of traps in the study of orientation of Tabanids in the fields », *Ent. exp. appl.*, **8**, 189-192.
- TISCHLER (W.), 1955 : *Synökologie der Land Tiere*, 414 p., Stuttgart.
- TRAPPENBERG (R.), 1951 : « Untersuchungen über die mikroklimatischen Wirkungen künstlicher Beregnung in Tabakbestand », *Arch. Meteor. Geoph. Bioklim.*, **3**, 149-167.
- TURNOCK (W. J.), 1957 : « A trap for insects emerging from the soil », *Canad. Ent.*, **89**, 455-456.
- ULLYETT (G. C.), 1953 : « Biomathematics and insect populations problems : a critical review », *Mem. ent. Soc. S. Afr.*, **2**.
- UTIDA (S.), 1950 : « On the equilibrium state of the interacting populations of an insect and its parasite », *Ecology*, **31**, 165-175.
- UVAROV (B. P.), 1962 : « Development of arid lands and its ecological effects on their insect fauna », *Arid zone Res.*, **18**, 235-248.
- UVAROV (B. P.), 1964 : « Problems of insect ecology in developing countries », *J. appl. Ecol.*, **1** (1), 159-168.
- VERHEIJEN (F. J.), 1958 : « The mechanism of the trapping effect of artificial light sources upon animals », *Arch. Neerl. Zool.*, **13**, 1-107.
- VÖGEL (G.), 1954 : « Das optische Weibchenschema bei *Musca domestica* », *Naturwiss.*, **41**, 482-483.
- WADLEY (F. M.), 1952 : *Elementary sampling principles in entomology*, USDA Pl. Quart. Bur. Ent. E.T., 302, 17 p.
- WALLACE (H. R.), 1953 : « The ecology of the fauna of pine stumps », *J. anim. Ecol.*, **22**, 154-171.
- WALTHER (J. B.), DODT (E.), 1959 : « Der Spektralsensitivität von Insekten-Komplexaugen um Ultraviolett bis 290 mμ », *Z. Naturf.*, **14**, 273-278.
- WATERHOUSE (F. L.), 1950 : « Humidity and temperature in grass microclimates with reference to insolation », *Nature*, **166**, 232-233.
- WATT (K. E. F.), 1962 : « Use of mathematics in population ecology », *Ann. Rev. Ent.*, **7**, 243-260.
- WEESE (A. O.), 1939 : « The effects of overgrazing on insect populations », *Proc. Oklahoma Acad. Sc. n.*, **19**, 95-99.
- WELLINGTON (W. G.), 1949 : « Temperature measurements in entomological entomology », *Nature*, **163**, 614-615.
- WELLINGTON (W. G.), 1955 : « Solar heat and plane polarized light versus the light compass reaction in the orientation of insects on the ground », *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **48**, 67-76.
- WELLINGTON (W. G.), 1957 : « The synoptic approach to studies of insects and climate », *Ann. Rev. Ent.*, **2**, 143-162.
- WHITTAKER (R. H.), 1952 : « A study of summer foliage insect communities in the Great Smoky Mountains », *Ecol. Monogr.*, **22**, 1-44.
- WILLIAMS (C. B.), 1945 : « Recent light trap catches of *Lepidoptera* analysed in relation to the logarithmic series and index of diversity », *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **38**, 357-364.
- WILLIAMS (C. B.), 1947 : « The generic relations of species in small ecological communities », *J. anim. Ecol.*, **16**, 11-18.
- WILLIAMS (C. B.), 1953 : « The relative abundance of different species in a wild animal population », *J. anim. Ecol.*, **22**, 14-31.
- WILLIAMS (C. B.), SINGH (B. P.), EL ZIADY (S.), 1956 : « An investigation into the possible effects of moonlight on the activity of insects in the field », *Proc. R. ent. Soc. London*, **A 31**, 135-144.
- WILSON (L. F.), 1962 : « A portable device for mass-collecting or sampling foliage-inhabiting arthropods », *J. econ. Ent. E.T.*, **302**, 17 p.
- WOLCOTT (G. N.), 1944 : « The incompleteness of some ecological grassland studies », *Science*, **99**, 449-450.
- YETTER (W. P.), STEINER (L. F.), 1932 : « Efficiency of bait-traps for the oriental fruit moth as indicated by the release and capture of mated adults », *J. econ. Ent.*, **25**, 106-116.

Vu et approuvé :

Paris, le 11 janvier 1971

Le Doyen de la Faculté des Sciences
de Paris,

L. GAUTHIER.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

R. MALLET.

ACHEVÉ D'IMPRIMER SUR LES
PRESSES DE L'IMPRIMERIE
DARANTIERE A DIJON, LE
TRENTE NOVEMBRE M. CM. LXXI

